



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**ANALISA *TRIAL EMBANKMENT* DAN PREDIKSI
PEMAMPATAN SEKUNDER PADA PROYEK
PEMBANGUNAN KAWASAN KOTA SUMMARECON
BANDUNG**

AZMI LISANI WAHYU
NRP 3112 100 114

Dosen Pembimbing I
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT – RC14-1501

**TRIAL EMBANKMENT ANALYSIS AND
PREDICTION OF SECONDARY SETTLEMENT IN
SUMMARECON CITY BANDUNG AREA'S
DEVELOPMENT PROJECT**

AZMI LISANI WAHYU
NRP 3112 100 114

Supervisor I
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.

Supervisor II
Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T.

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Design
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA TRIAL EMBANKMENT DAN PREDIKSI PEMAMPATAN SEKUNDER PADA PROYEK PEMBANGUNAN KAWASAN KOTA SUMMARECON BANDUNG

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

AZMI LISANI WAHYU

NRP 3112 100 114

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Prof. Ir. Noor Endah, M.Eng., Ph.D.
2. Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.IL.



SURABAYA, JUNI 2016

**ANALISA TRIAL EMBANKMENT DAN PREDIKSI
PEMAMPATAN SEKUNDER PADA PROYEK
PEMBANGUNAN KAWASAN KOTA SUMMARECON
BANDUNG**

Nama Mahasiswa : Azmi Lisani Wahyu
NRP : 3112 100 114
Jurusan : Teknik Sipil FTSP ITS
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.
2. Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T.

Abstrak

Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung yang berada di Gedebage, Bandung, Jawa Barat, akan dibangun di atas lapisan tanah dasar yang dominan tanah lempung lunak dan bercampur dengan tanah organik. Perbaikan tanah dasar yang dipilih adalah metode preloading dengan Prefabricated Vertical Drain (PVD). Metode preloading dengan PVD ditujukan untuk mempercepat pemampatan primer; sedangkan pemampatan sekunder masih tetap ada. Hanya saja para kontraktor kurang memperhatikan pemampatan sekunder karena dianggap sangat kecil dibandingkan dengan pemampatan primer; padahal sering terjadi jalan bergelombang karena adanya pemampatan sekunder ini. Selain itu, perencanaan metode preloading dengan PVD biasanya dilakukan dengan menggunakan koefisien konsolidasi arah horisontal, C_h , yang diasumsikan sebesar dua sampai lima kali koefisien konsolidasi arah vertikal, C_v , yang belum tentu sama dengan harga C_h di lapangan. Untuk itu, perlu adanya pengujian dengan trial embankment pada area di sekitar lokasi proyek. Dalam Tugas Akhir ini, dilakukan penyelidikan tentang pemampatan sekunder serta merencanakan besar pemampatan sekunder yang perlu dihilangkan agar tidak terjadi differential settlement dan menentukan harga C_h dari hasil trial embankment.

Untuk menentukan harga C_h di lapangan yang sesungguhnya, dilakukan back analysis hasil trial embankment berupa data monitoring Settlement Plate. Harga C_h yang didapat akan digunakan untuk melakukan perencanaan perbaikan tanah dasar jalan akses pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung. Dari data monitoring Settlement Plate, pemampatan akhir tanah dapat diprediksi menggunakan metode ASAKA. Prediksi pemampatan tanah tersebut kemudian dibandingkan dengan perencanaan awal trial embankment yang dibuat oleh PT Teknindo Geosistem Unggul.

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, harga C_h di lapangan adalah $2,1 \times C_v$. Prediksi pemampatan primer tanah yang terjadi sebesar 2,042 m; untuk menghilangkannya, dibutuhkan beban preloading setinggi 5 m. Untuk mempercepat waktu konsolidasi, direncanakan PVD pola segitiga dengan jarak 0,9 m dan PHD sepanjang 116 m per 128 titik PVD. Untuk stabilitas lereng timbunan, dibutuhkan Geotextile Woven sebanyak 3 lembar. Karena pengaruh dari tanah organik yang memiliki angka pori besar, tanah akan mengalami pemampatan sekunder yang cukup besar pada 20 tahun yang akan datang, yaitu 0,419 m dan masih memampat sebesar 2,879 cm/tahun. Untuk mengatasinya, perlu dilakukan overlay setiap 2 tahun setinggi 5 cm.

Kata kunci : preloading, PVD, pemampatan primer, pemampatan sekunder, trial embankment.

TRIAL EMBANKMENT ANALYSIS AND PREDICTION OF SECONDARY SETTLEMENT IN SUMMARECON CITY BANDUNG AREA'S DEVELOPMENT PROJECT

Student's Name : Azmi Lisani Wahyu
NRP : 3112 100 114
Department : Civil Engineering FTSP ITS
Supervisors : 1. Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.
2. Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T.

Abstract

Summarecon City Bandung Area's Development Project located in Gedebage, Bandung, West Java will be built on the ground which dominant of clay and mixed with organic soil. The selected ground improvement is preloading with Prefabricated Vertical Drain (PVD). Preloading with PVD intended for accelerate primary settlement; while secondary settlement still happens. The contractors pay less attention to secondary settlement because they consider it produces settlement smaller than primary settlement; whereas bumpy road often happened because of secondary settlement. Furthermore, design of preloading with PVD usually calculated by using the coefficient of consolidation due to horizontal flow, C_{h_0} , which assumed to be two until five times the coefficient of consolidation due to vertical flow, C_v , that is not same as C_h value in the field. Therefore, a test with trial embankment in areas around the project site is needed. In this final project, an investigation on secondary settlement is needed and need to design the removal of secondary settlement in order to avoid differential settlement, and also determine C_h value from trial embankment results.

To determine the actual C_h value in the field, back analysis of trial embankment results using Settlement Plate monitoring data is done. C_h value will be used for plan ground improvement of the access road in Summarecon City Bandung Area's Development Project. Settlement Plate monitoring data is also

used for predict final settlement using ASAOKA method. Then, prediction of settlement is compared with the initial planning of trial embankment made by PT Teknindo Geosistem Unggul.

Based on the analysis that has been done, the actual C_h value is 2,1 times C_v value. Prediction of primary settlement is 2,042 m; to eliminate it, preloading as high as 5 m is needed. To accelerate time of consolidation, planned triangle pattern of PVD with distance of 0,9 m and 116 m of PHD for 128 PVD. For stability of the embankment slope, 3 sheets of Geotextile Woven are needed. Because the influence of organic soil which has large void ratio, the soil will sustain the secondary settlement fairly large at 20 years later, which is 0.419 m and still settles 2,879 cm / year. The solution is taking overlay every two years as high as 5 cm.

Keywords : preloading, PVD, primary settlement, secondary settlement, trial embankment.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Batasan Masalah.....	7
1.4. Tujuan.....	7
1.5. Manfaat.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Tanah Lempung Lunak	9
2.2. Perbaikan Tanah Dasar.....	10
2.2.1. Konsistensi Tanah Berdasarkan Harga C_u dan SPT.....	10
2.2.2. Metode Perbaikan Tanah.....	10
2.3. Kemampumampatan Tanah.....	11
2.3.1. Pemampatan Primer	12
2.3.2. Pemampatan Sekunder	15
2.3.3. Waktu Konsolidasi Tanah Lempung Lunak Alami	16
2.4. Hubungan antara Tinggi Timbunan dan Penurunan.....	17
2.5. Asumsi Beban <i>Traffic</i>	18
2.6. Timbunan Bertahap dan Besar Pemampatan	19
2.7. Kenaikan Daya Dukung Tanah	21
2.8. <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD).....	22
2.8.1. Cara Kerja PVD	24
2.8.2. Diameter Ekvivalen PVD (d_w)	25
2.8.3. Fungsi PVD	26

2.8.4.	Pemasangan PVD	27
2.8.5.	Pola Pemasangan PVD	29
2.8.6.	Metode Pemasangan PVD	30
2.8.7.	Waktu Konsolidasi dengan PVD	30
2.9.	<i>Prefabricated Horizontal Drain (PHD)</i>	33
2.9.1.	Cara Kerja PHD	35
2.9.2.	Estimasi Debit Maksimum Aliran Air Horizontal	35
2.9.3.	Fungsi PHD	36
2.9.4.	Pemasangan PHD	36
2.10.	Perkuatan Lereng Timbunan	36
2.11.	Instrumentasi Geoteknik dan Dasar- Dasar Evaluasi	39
2.11.1.	Evaluasi <i>Final Settlement</i>	40
2.11.2.	Menentukan Derajat Konsolidasi Aktual Berdasarkan Hasil Pengukuran <i>Settlement</i>	42
2.12.	<i>Back Analysis</i> untuk Mencari Harga C_h	42
BAB III	METODOLOGI	43
3.1.	Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir....	43
3.2.	Studi Literatur.....	44
3.3.	Pengumpulan Data	44
3.3.1.	Data Lapangan Penyelidikan Tanah Dasar.....	44
3.3.2.	Data Laboratorium Tanah Dasar ...	44
3.3.3.	Data Perencanaan Awal.....	45
3.3.4.	Data Hasil <i>Trial Embankment</i>	45
3.4.	Analisa Data Perencanaan Awal dan Hasil <i>Trial Embankment</i>	46
3.5.	Menentukan Harga C_h Berdasarkan Data <i>Trial Embankment</i>	46
3.6.	Perencanaan Beban <i>Preloading</i>	46
3.7.	Perencanaan PVD dan PHD	47
3.8.	Perhitungan Pemampatan Sekunder	47

3.9.	Perhitungan Tinggi Timbunan Kritis.....	47
3.10.	Perencanaan Pentahapan Timbunan	47
3.11.	Perhitungan Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar.....	48
3.12.	Analisa Stabilitas Lereng Timbunan	48
3.13.	Perencanaan Perkuatan Lereng Timbunan	48
3.14.	Kesimpulan dan Saran.....	49
BAB IV	DATA DAN ANALISA DATA.....	51
4.1.	Data	51
4.1.1.	Data Lapangan Penyelidikan Tanah Dasar.....	51
4.1.2.	Data Laboratorium Tanah Dasar ...	52
4.1.3.	Data Perencanaan Awal.....	52
4.1.4.	Data Hasil <i>Trial Embankment</i>	55
4.2.	Analisa Data	56
4.2.1.	Analisa Parameter Tanah.....	56
4.2.2.	Analisa Data Perencanaan Awal ...	58
4.2.3.	Analisa Data Hasil <i>Trial Embankment</i>	59
4.2.4.	<i>Back Analysis</i> untuk Mencari Harga C_h	61
BAB V	PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH DASAR JALAN AKSES.....	65
5.1.	Perencanaan Beban <i>Preloading</i>	65
5.2.	Perencanaan PVD dan PHD	67
5.2.1.	Perencanaan PVD.....	67
5.2.2.	Perencanaan PHD.....	69
5.3.	Perhitungan Pemampatan Sekunder	70
5.4.	Perhitungan Tinggi Timbunan Kritis.....	71
5.5.	Perencanaan Pentahapan Timbunan	71
5.6.	Perhitungan Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar.....	74
5.6.1.	Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar akibat Tinggi Timbunan	

	Kritis.....	75
5.6.2.	Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar akibat Setengah Tinggi Awal Timbunan (<i>Preloading</i>)	76
5.6.3.	Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar akibat Tinggi Awal Timbunan (<i>Preloading</i>).....	77
5.7.	Perencanaan Perkuatan Lereng Timbunan	78
5.7.1.	Kondisi Pertama (Muka Air Tanah Rendah)	78
5.7.2.	Kondisi Kedua (Muka Air Tanah Tinggi).....	79
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	83
6.1.	Kesimpulan.....	83
6.2.	Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA		85
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Konsistensi Tanah Menurut Harga C_u dan SPT	10
Tabel 2.2.	Faktor Keamanan akibat Pengurangan Kekuatan <i>Geotextile</i>	38
Tabel 4.1.	Perhitungan Analisa <i>Overall Stability</i>	54
Tabel 4.2.	Hasil Analisa Parameter Tanah	58
Tabel 4.3.	Harga C_v Berdasarkan Grafik Korelasi dengan LL	62
Tabel 4.4.	Tipikal Harga C_v untuk Variasi Jenis Tanah	63
Tabel 5.1.	Perhitungan Pemampatan, HI, dan HF	65
Tabel 5.2.	Perhitungan <i>Rate of Settlement</i> dengan Jarak PVD yang Berbeda	70
Tabel 5.3.	Umur Timbunan hingga Tahap Penimbunan ke-10	72
Tabel 5.4.	Derajat Konsolidasi pada Tiap Tahap Penimbunan	73
Tabel 5.5.	Kondisi Tahap Penimbunan ke-4	75
Tabel 5.6.	Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar akibat Tahap Penimbunan ke-4	75
Tabel 5.7.	Kondisi Tahap Penimbunan ke-5	76
Tabel 5.8.	Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar akibat Tahap Penimbunan ke-5	76
Tabel 5.9.	Kondisi Tahap Penimbunan ke-10	77
Tabel 5.10.	Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar akibat Tahap Penimbunan ke-10	77
Tabel 5.11.	<i>Safety Factor</i> Kondisi Pertama pada Tahap Penimbunan ke-4	78
Tabel 5.12.	<i>Safety Factor</i> Kondisi Pertama pada Tahap Penimbunan ke-5	79
Tabel 5.13.	<i>Safety Factor</i> Kondisi Pertama pada Tahap Penimbunan ke-10	79

Tabel 5.14.	<i>Safety Factor</i> Kondisi Kedua pada Tahap Penimbunan ke-4	79
Tabel 5.15.	<i>Safety Factor</i> Kondisi Kedua pada Tahap Penimbunan ke-5	80
Tabel 5.16.	<i>Safety Factor</i> Kondisi Kedua pada Tahap Penimbunan ke-10	80
Tabel 5.17.	Rekap Kebutuhan <i>Geotextile</i>	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Peta Lokasi Tanah Lempung Lunak di Indonesia	1
Gambar 1.2.	Lokasi <i>Trial Embankment</i> pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung	3
Gambar 1.3.	Denah Lokasi Letak Alat Instrumen Geoteknik pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung	4
Gambar 1.4.	Potongan B Denah Lokasi Letak Alat Instrumen Geoteknik pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung	5
Gambar 1.5.	Potongan Melintang Denah Lokasi Letak Alat Instrumen Geoteknik pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung	5
Gambar 2.1.	Grafik Waktu Pemampatan Selama Konsolidasi untuk Suatu Penambahan Beban.....	12
Gambar 2.2.	Grafik <i>Influence Factor</i> (NAVFAC DM-7, 1970)	14
Gambar 2.3.	Grafik Hubungan antara <i>Void Ratio</i> dan Waktu Pemampatan.....	15
Gambar 2.4.	Konsolidasi Tanah Lunak Alami.....	16
Gambar 2.5.	Kedudukan Timbunan saat Mengalami Penurunan.....	17
Gambar 2.6.	Kurva Hubungan antara Tebal Timbunan dengan Intensitas Beban yang Bersesuaian dengan Beban <i>Traffic</i>	19
Gambar 2.7.	Timbunan Diletakkan Secara Bertahap	20
Gambar 2.8.	Sketsa Diagram Penambahan Tegangan akibat Beban Bertahap.....	20
Gambar 2.9.	<i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD).....	23

Gambar 2.10.	Cara Kerja <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD)	24
Gambar 2.11.	Diameter Ekuivalen PVD (d_w)	25
Gambar 2.12.	Grafik Waktu Konsolidasi vs <i>Settlement</i>	26
Gambar 2.13.	<i>Mandrel</i>	27
Gambar 2.14.	<i>Masdrel</i>	28
Gambar 2.15.	<i>Crawler Crane</i>	28
Gambar 2.16.	Pola Pemasangan PVD	29
Gambar 2.17.	Konsolidasi dengan Menggunakan PVD....	31
Gambar 2.18.	Contoh Grafik Jarak PVD dan Waktu serta Derajat Konsolidasi (Pola Segitiga)...	33
Gambar 2.19.	<i>Prefabricated Horizontal Drain</i> (PHD)	34
Gambar 2.20.	Cara Kerja <i>Prefabricated Horizontal Drain</i> (PHD).....	35
Gambar 2.21.	<i>Geotextile Woven</i>	37
Gambar 2.22.	Contoh Grafik <i>Settlement</i> vs Waktu	40
Gambar 2.23.	Contoh Perhitungan <i>Final Settlement</i> Metode ASAOKA	41
Gambar 2.24.	Contoh Perhitungan Perkiraan Waktu <i>Final Settlement</i>	41
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir	43
Gambar 4.1.	Lokasi Titik Penyelidikan Tanah Dasar	51
Gambar 4.2.	Grafik Waktu dan Derajat Konsolidasi	53
Gambar 4.3.	Rencana Pemasangan PHD pada Titik-Titik PVD	53
Gambar 4.4.	Detail Pemasangan <i>Geotextile</i>	54
Gambar 4.5.	Data Plot Parameter Tanah.....	57
Gambar 4.6.	Skenario Perbaikan Tanah.....	59
Gambar 4.7.	Grafik Evaluasi <i>Final Settlement</i>	60
Gambar 4.8.	Grafik Korelasi Harga C_v dengan LL (<i>After</i> U.S. Navy, 1971).....	62
Gambar 5.1.	Grafik antara Tinggi Awal Timbunan dengan Pemampatan Tanah.....	66
Gambar 5.2.	Grafik antara Tinggi Awal Timbunan dengan Tinggi Akhir Timbunan	66

Gambar 5.3.	Grafik Waktu Konsolidasi dengan Derajat Konsolidasi Tanpa PVD	67
Gambar 5.4.	Grafik Waktu Konsolidasi dengan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segitiga	68
Gambar 5.5.	Grafik Waktu Konsolidasi dengan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segiempat	69
Gambar 5.6.	Grafik Pemampatan Tanah akibat Penimbunan Bertahap.....	74

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sekitar 20 juta hektar atau lebih dari 10% dari luas daratan di Indonesia merupakan tanah lunak yang terdiri dari tanah lempung lunak (*soft clay soil*) dan tanah gambut (*peat soil*). Tanah lempung lunak di Indonesia tersebar di sepanjang pantai utara Pulau Jawa, pantai timur Pulau Sumatera, pantai barat, selatan, dan timur Pulau Kalimantan, pantai selatan Pulau Sulawesi serta pantai barat dan selatan Pulau Papua. Peta lokasi tanah lempung lunak di Indonesia dapat dilihat pada **Gambar 1.1**.



Gambar 1.1. Peta Lokasi Tanah Lempung Lunak di Indonesia

(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)

Untuk pengembangan prasarana wilayah di Indonesia, tidak menutup kemungkinan bahwa infrastruktur harus dibangun pada daerah-daerah yang kondisi lapisan tanah dasarnya berupa tanah lempung lunak yang mempunyai daya dukung relatif rendah dan pemampatannya relatif lama serta besar. Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung adalah salah satunya. Proyek yang berada di Gedebage, Bandung, Jawa Barat tersebut akan dibangun di atas lapisan tanah dasar yang dominan tanah

lempung lunak dan bercampur dengan tanah organik. Berdasarkan data lapangan penyelidikan tanah dasar yang terdapat pada **Lampiran 1**, kedalaman tanah lempung lunaknya mencapai lebih dari 20 m ($N_{SPT} \leq 10$). Apabila tidak dilakukan perbaikan pada tanah dasarnya terlebih dahulu maka beban yang mampu dipikul tanah dasar menjadi terbatas dan infrastruktur dapat rusak sebelum umur yang direncanakan.

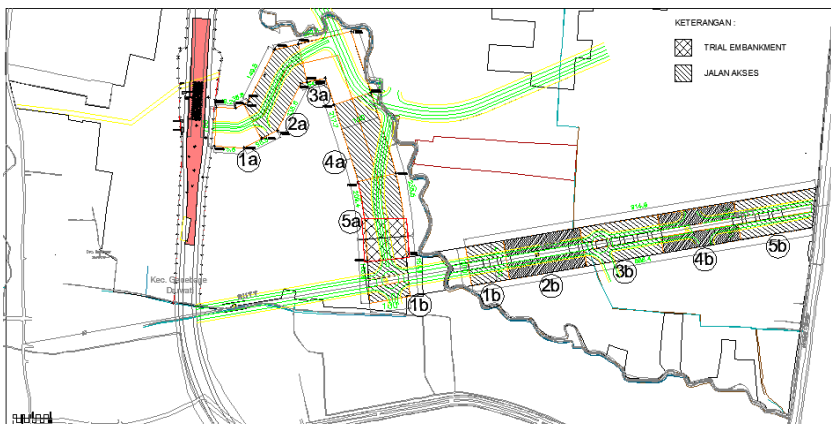
Perbaikan tanah dasar yang dipilih adalah metode *preloading* dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD). Metode tersebut mencakup perencanaan timbunan, *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) untuk memperpendek aliran air pori tanah, dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) untuk meneruskan aliran dari PVD ke tempat pembuangan sehingga dapat mempercepat pemampatan tanah serta menaikkan daya dukungnya.

Untuk stabilitas timbunan di atas tanah lempung lunak maka direncanakan perkuatan lereng timbunan menggunakan *geotextile* yang berbentuk menyerupai anyaman, yaitu *Geotextile Woven*. *Geotextile Woven* berfungsi untuk menahan gaya tarik di dalam tanah (*reinforcement*) dan pemisah lapisan tanah dasar dengan tanah timbunan.

Metode *preloading* dengan PVD ditujukan untuk mempercepat pemampatan primer; sedangkan pemampatan sekunder masih tetap ada. Kedua jenis pemampatan tersebut berlangsung dalam waktu yang berbeda, yaitu dimulai dengan pemampatan primer dan dilanjutkan dengan pemampatan sekunder. Dalam kondisi biasa, pemampatan primer berlangsung dalam waktu tahunan hingga ratusan tahun. Dengan PVD, waktu pemampatan primer menjadi lebih singkat, yaitu berlangsung dalam waktu bulanan sehingga pemampatan sekunder terjadi lebih awal. Pemampatan sekunder terjadi akibat dari penyesuaian plastis butiran-butiran tanah. Hanya saja para kontraktor kurang memperhatikan pemampatan sekunder karena dianggap sangat kecil dibandingkan dengan pemampatan primer; padahal sering terjadi jalan bergelombang karena adanya pemampatan sekunder ini. Dari beberapa kenyataan pada Proyek Pembangunan

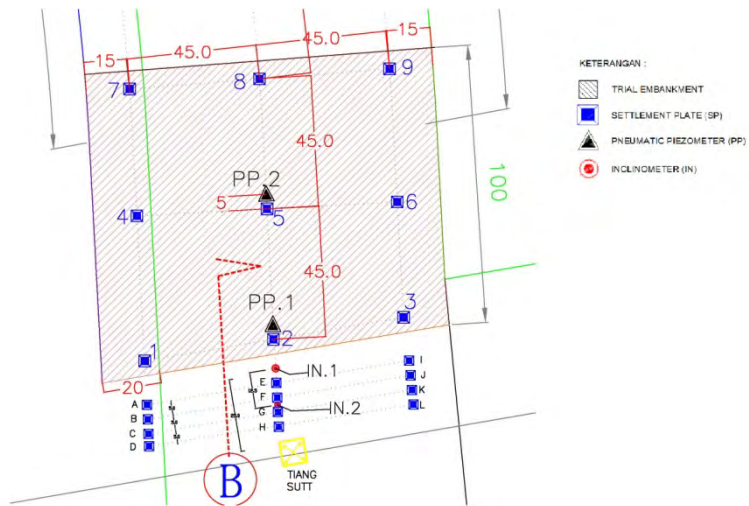
Kawasan Kota Summarecon Bandung, walaupun waktu pemampatan primer sudah selesai, pemampatan masih terjadi dikarenakan tanah dasar bercampur dengan tanah organik yang memiliki angka pori besar. Oleh karena itu, dalam Tugas Akhir ini, dilakukan penyelidikan tentang pemampatan sekunder serta merencanakan besar pemampatan sekunder yang perlu dihilangkan agar tidak terjadi *differential settlement*.

Selain itu, perencanaan metode *preloading* dengan PVD biasanya dilakukan dengan menggunakan koefisien konsolidasi arah horisontal, C_h , yang diasumsikan sebesar dua sampai lima kali koefisien konsolidasi arah vertikal, C_v , yang belum tentu sama dengan harga C_h di lapangan. Untuk itu, perlu adanya pengujian dengan *trial embankment* pada area di sekitar lokasi proyek. *Trial embankment* bertujuan untuk mengetahui pemampatan tanah akibat beban timbunan di atasnya dalam rangka menentukan harga C_h di lapangan yang sesungguhnya. Lokasi *trial embankment* pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung dapat dilihat pada **Gambar 1.2**.

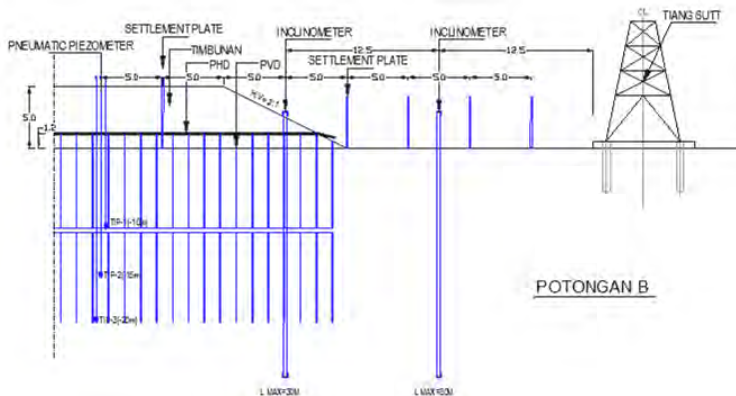


Gambar 1.2. Lokasi *Trial Embankment* pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)

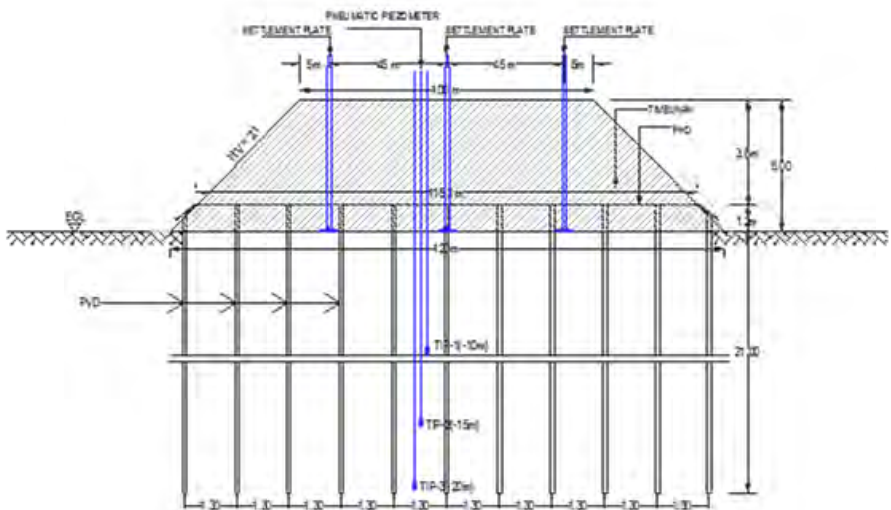
Pada area 100 m x 100 m tersebut, terdapat alat instrumen geoteknik. Alat instrumen geoteknik terdiri dari *Settlement Plate* untuk mengetahui pemampatan tanah yang terjadi, *Pneumatic Piezometer* untuk mengetahui tekanan air pori tanah, dan *Inclinometer* untuk mengetahui deformasi lateral tanah serta dapat memprediksi kemungkinan runtuh (*sliding*); denah lokasi letak alat instrumen geoteknik dapat dilihat pada **Gambar 1.3.** beserta gambar potongan B pada **Gambar 1.4.** dan potongan melintangnya pada **Gambar 1.5.**



Gambar 1.3. Denah Lokasi Letak Alat Instrumen Geoteknik pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)



**Gambar 1.4. Potongan B Denah Lokasi Letak Alat Instrumen Geoteknik pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)**



**Gambar 1.5. Potongan Melintang Denah Lokasi Letak Alat Instrumen Geoteknik pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)**

Pada lokasi *trial embankment*, sudah direncanakan pula timbunan setinggi 5 m, PVD sedalam 21 m dengan jarak 1,3 m, PHD sepanjang 115,2 m, *Settlement Plate* sebanyak 9 titik di tengah timbunan dan diletakkan pada dasar timbunan, *Pneumatic Piezometer* sebanyak 2 titik di tengah timbunan dan diletakkan sedalam tanah lunak, yaitu 20 m serta *Inclinometer* sebanyak 2 titik di tepi timbunan dan diletakkan sedalam tanah keras, yaitu 30 m. Alat instrumen geoteknik tersebut di-*monitoring* secara rutin dan data *monitoring*-nya digunakan untuk mencari harga C_h . Pada Tugas Akhir ini, dilakukan penentuan harga C_h yang diperoleh dari hasil *trial embankment*. Harga C_h yang didapat akan digunakan untuk melakukan perencanaan perbaikan tanah dasar jalan akses (**Gambar 1.2.**) pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, terdapat beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini antara lain :

1. Bagaimana hasil prediksi pemampatan tanah berdasarkan perencanaan awal dengan hasil pemampatan tanah dari *trial embankment*?
2. Berapa harga C_h berdasarkan hasil *trial embankment*?
3. Berapa besar *preloading* yang harus diberikan agar pemampatan tanah tidak terjadi kembali saat infrastruktur dioperasikan?
4. Berapa besar dan waktu pemampatan primer dengan menggunakan metode *preloading* dengan PVD?
5. Berapa rencana pemampatan sekunder yang perlu dihilangkan agar tidak terjadi *differential settlement*?
6. Berapa jumlah *Geotextile Woven* untuk perkuatan lereng timbunan yang dibutuhkan?

1.3. Batasan Masalah

Untuk menghindari munculnya penyimpangan terhadap permasalahan yang semakin meluas dalam Tugas Akhir ini maka diberikan suatu batasan masalah sebagai berikut :

1. Data yang digunakan adalah data sekunder.
2. Metode perbaikan tanah dasar yang digunakan hanya *preloading* dengan PVD.
3. Hasil *trial embankment* yang digunakan untuk menentukan harga C_h hanya berdasarkan data *monitoring* dari *Settlement Plate*.
4. Perkuatan lereng timbunan yang digunakan hanya *Geotextile Woven*.

1.4. Tujuan

Dari rumusan masalah, diharapkan mencapai tujuan dari Tugas Akhir, yaitu merencanakan perbaikan tanah dasar jalan akses berdasarkan C_h yang diperoleh dari hasil *trial embankment* dan menghilangkan pemampatan sekunder pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung.

1.5. Manfaat

Perencanaan dalam Tugas Akhir ini dimaksudkan dapat menjadi alternatif perbaikan tanah dasar yang dominan tanah lempung lunak dan bercampur tanah organik pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah Lempung Lunak

Tanah lunak menempati *area* sekitar 20 juta hektar atau lebih dari 10% dari tanah daratan di Indonesia. Tanah lunak dibagi menjadi 2, yaitu tanah lempung lunak (*soft clay*) dan tanah gambut (*peat*). Tanah lempung lunak mengandung mineral-mineral lempung dan kadar air yang tinggi, sedangkan tanah gambut merupakan jenis tanah yang pembentuk utamanya terdiri dari sisa-sisa tumbuhan. Tanah lempung lunak memiliki karakteristik, antara lain daya dukungnya relatif rendah serta pemampatan yang relatif besar dan berlangsung lama. Apabila dilakukan pembangunan infrastruktur di atas tanah lempung lunak maka beban yang mampu dipikul tanah dasar menjadi terbatas, infrastruktur yang dibangun akan mengalami penurunan, dan infrastruktur lainnya di sekitar lokasi pembangunan akan berpotensi mengalami gangguan. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan tanah dasar.

Seperti yang diketahui bahwa tanah adalah campuran partikel-partikel. Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran atau lebih dari 1 macam ukuran partikel. Tanah lempung lunak belum tentu terdiri dari partikel lempung dan lanau saja, tetapi dapat bercampur dengan pasir dan mungkin juga terdapat campuran organik. Berikut pengaruh konten organik terhadap perilaku tanah lempung lunak :

1. Apabila kandungan organik $< 5\%$ maka sifat organiknya berpengaruh sedikit sekali terhadap perilakunya (*inorganic*).
2. Apabila kandungan organik 5-25% maka sifat organiknya berpengaruh, tetapi perilakunya tetap seperti tanah lempung lunak (*organic silts and clays*).
3. Apabila kandungan organik 25-75% maka sifat organiknya berpengaruh dan perilakunya menjadi dominan (*silty or clayey organics*).

4. Apabila kandungan organik $> 75\%$ maka tanah tersebut sudah dikatakan tanah gambut yang memiliki kadar air dan angka pori yang sangat tinggi.

2.2. Perbaikan Tanah Dasar

Pada dasarnya, perbaikan tanah dasar mempunyai tujuan secara umum, yaitu meningkatkan daya dukung dan kuat geser tanah, meningkatkan modulus tanah, mengurangi kompresibilitas tanah, mengontrol stabilitas volume (*shrinkage* dan *swelling*) tanah, mengurangi kerentanan terhadap *liquefaction*, memperbaiki kualitas material untuk bahan konstruksi, dan memperkecil pengaruh untuk daerah sekitarnya.

2.2.1. Konsistensi Tanah Berdasarkan Harga C_u dan SPT

Menurut Mochtar (2006), revisi (2012), konsistensi tanah terbagi menurut harga C_u dan SPT seperti pada **Tabel 2.1**. Tanah dikatakan sebagai tanah kompresibel atau tanah yang mudah memampat sampai dengan konsistensi tanah menengah (*medium*).

Tabel 2.1. Konsistensi Tanah Menurut Harga C_u dan SPT

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, C_u		Taksiran harga SPT, harga N
	kPa	ton/m ²	
Sangat lunak (very soft)	0 – 12,5	0 – 1,25	0 – 2,5
Lunak (soft)	12,5 – 25	1,25 – 2,5	2,5 – 5
Menengah (medium)	25 – 50	2,5 – 5	5 – 10
Kaku (stiff)	50 – 100	5 – 10	10 – 20
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10 – 20	20 – 40
Keras (hard)	> 200	> 20	> 40

2.2.2. Metode Perbaikan Tanah

Untuk memperbaiki kondisi tanah belakangan ini, semakin banyak tawaran metode yang dapat dipilih. Menurut Mitchell (1981), perbaikan tanah meliputi :

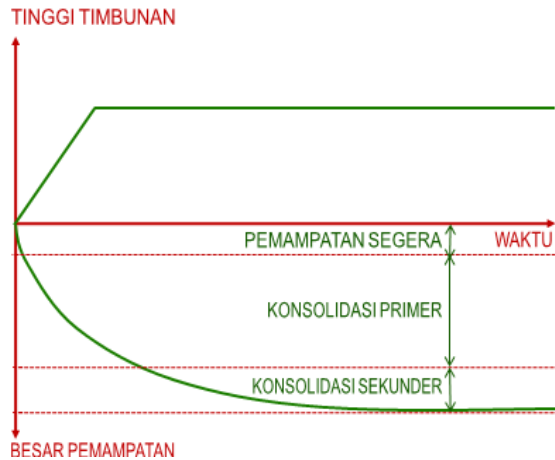
1. Pemadatan tanah, terutama untuk pemadatan tanah dalam (*deep compaction*) dengan menggunakan penumbuk berat dan ledakan (*blasting*).
2. Pemadatan tanah (*soil compression*), terutama yang menyangkut pemampatan awal (*precompression*) dengan pembebanan awal (*preloading*) dan penggunaan drain vertikal (*vertical drain*) serta pemampatan tanah secara *electro osmosis*.
3. Injeksi dengan *grouting* ke dalam tanah untuk memperkuat tanah dasar dan menstabilkan struktur tanahnya.
4. Stabilisasi tanah dengan bantuan bahan luar (tambahan) atau dengan bantuan bahan-bahan kimia yang dicampur tanah asli.
5. Stabilisasi cara termal.
6. Pemberian perkuatan dalam tanah (*reinforcement*), baik *reinforcement* tarik maupun tekan.

Untuk pemilihan metode, tidak dapat asal pilih, tetapi harus sesuai dengan kondisi lapangan dan kriteria yang ditentukan dalam dokumen pelelangan proyek. Kriteria tersebut antara lain jenis dan tingkat perbaikan yang diinginkan, jenis dan struktur tanah serta kondisi aliran tanah, biaya proyek, ketersediaan peralatan dan material, waktu penyelesaian proyek, kemungkinan kerusakan struktur bangunan di sekitarnya, dan ketahanan material yang digunakan.

2.3. Kemampumampatan Tanah

Penambahan beban di atas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pemampatan seperti pada **Gambar 2.1**. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan sebab-sebab lain. Secara umum, penurunan (*settlement*) pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Pemampatan segera merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan pemampatan segera umumnya didasarkan pada penurunan yang diturunkan dari teori elastisitas.
2. Penurunan konsolidasi merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air pori yang menempati pori-pori tanah.



Gambar 2.1. Grafik Waktu Pemampatan Selama Konsolidasi untuk Suatu Penambahan Beban
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)

2.3.1. Pemampatan Primer

Pemampatan primer adalah pemampatan yang terjadi akibat keluarnya air pori tanah sebagai akibat penambahan tegangan di permukaan tanah. Pemampatan primer dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma'_0 = (\gamma_{sat} - 1) \times \frac{1}{2} \text{ tebal lapisan } H \quad \dots (2.1)$$

$$\sigma_c = \sigma'_0 \text{ awal} + \sigma'_0 \text{ titik yang ditinjau} \quad \dots (2.2)$$

$$\text{Over Consolidated Ratio} = OCR = \frac{\sigma_c}{\sigma'_0} \quad \dots (2.3)$$

Jika $OCR = 1$ maka tanah tersebut termasuk *normally consolidated* (NC Soil), sedangkan jika $OCR > 1$ maka tanah tersebut termasuk *over consolidated* (OC Soil).

Tanah *Normally Consolidated* (NC Soil) :

$$S_{ci} = H_i \left[\frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0} \right] \quad \dots (2.4)$$

Tanah *Over Consolidated* (OC Soil) :

$$S_{ci} = H_i \left[\frac{C_s}{1+e_0} \log \frac{\sigma_c}{\sigma'_0} + \frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma_c} \right] \quad \dots (2.5)$$

$$\Delta\sigma = 2 \times I \times q \quad \dots (2.6)$$

Dimana : S_{ci} = pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah yang ditinjau, lapisan ke i

H_i = tebal lapisan tanah ke i

e_0 = angka pori dari lapisan tanah ke i

C_c = *Compression Index* dari lapisan tanah ke i

C_s = *Swelling Index* dari lapisan tanah ke i

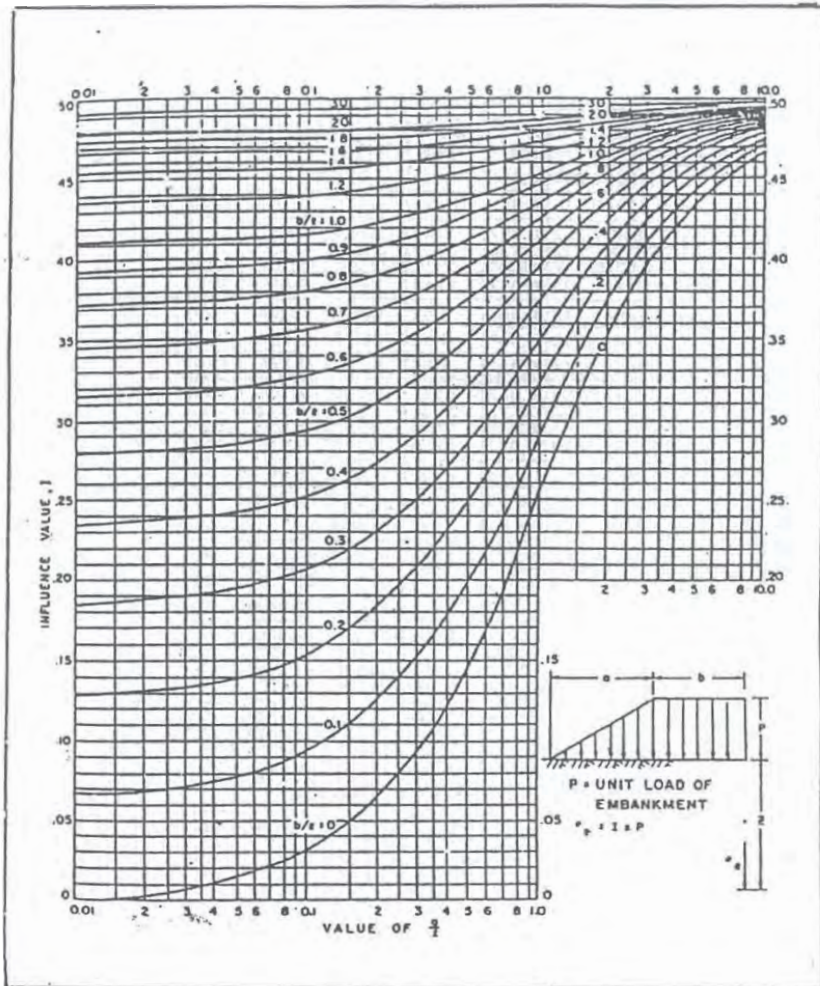
σ'_0 = tekanan tanah vertikal efektif di suatu titik di tengah-tengah lapisan ke i akibat beban tanah sendiri di atas titik tersebut di lapangan (*effective overburden pressure*)

σ_c = tegangan konsolidasi efektif di masa lampau yang lebih besar daripada σ'_0 (*effective past overburden pressure*)

$\Delta\sigma$ = penambahan tegangan vertikal di titik yang ditinjau (di tengah lapisan ke i) akibat beban timbunan yang baru

I = *Influence Factor*, dapat dilihat pada **Gambar 2.2.**

q = tegangan vertikal efektif di permukaan tanah



Influence Value for Vertical Stress Under Embankment Load of Infinite Length

Gambar 2.2. Grafik Influence Factor (NAVFAC DM-7, 1970)

2.3.2. Pemampatan Sekunder

Pemampatan sekunder dapat didefinisikan sebagai pemampatan yang terjadi setelah pemampatan primer selesai, yang merupakan penyesuaian yang bersifat plastis butiran-butiran tanah. Seperti yang telah diketahui, bahwa pada akhir dari konsolidasi primer (setelah tekanan air pori sama dengan nol), penurunan masih terus terjadi sebagai akibat dari penyesuaian plastis butiran butiran tanah. Selama tahap penurunan ini berlangsung hubungan kurva antara deformasi dan log waktu adalah merupakan garis lurus seperti pada **Gambar 2.3**. Menurut Mesri (1973), besarnya penurunan yang diakibatkan oleh peristiwa konsolidasi sekunder dapat diperhitungkan sebagai berikut :

$$C_{\alpha} = \Delta e / (\log(t_2/t_1)) \quad \dots (2.7)$$

$$S_s = C'_{\alpha} H \log (t_2/t_1) \quad \dots (2.8)$$

$$C'_{\alpha} = C_{\alpha} / (1 + e_p) \quad \dots (2.9)$$

Dimana : C_{α} = indeks pemampatan sekunder

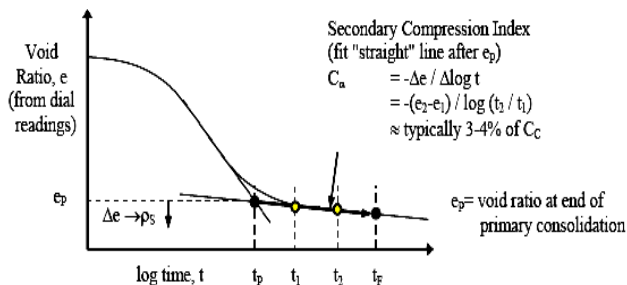
Δe = perubahan angka pori

t_1 = waktu selesai pemampatan primer

t_2 = waktu rencana pemampatan sekunder

H = tebal tanah yang memampat

e_p = angka pori pada akhir konsolidasi primer



Gambar 2.3. Grafik Hubungan antara Void Ratio dan Waktu Pemampatan

(Sumber : Alihudien dan Mochtar, 2009)

Indeks pemampatan sekunder dapat pula dihitung dengan menggunakan regresi linier berganda (*Multiple Linier Regression*). Persamaan ini dibentuk dari hubungan antara C'_{α}/P_i' dengan angka pori awal dan batas cair. Regresi linier berganda ini digunakan program bantu SPSS (*Satistical Product and Service Solution*). Dari hasil regresi, didapat suatu hubungan nilai C'_{α}/P_i' dengan angka pori awal dan batas cair. Adapun persamaan empiris indeks pemampatan sekunder yang merupakan fungsi dari angka pori awal, batas cair, dan tegangan konsolidasi efektif sebagai berikut :

$$C'_{\alpha}/P_i' = 0,013 e_{oi} - 0,000062 LL - 0,003 \quad \dots (2.10)$$

atau

$$C'_{\alpha} = (0,013 e_{oi} - 0,000062 LL - 0,003)P_i' \quad \dots (2.11)$$

Dimana : P_i' = tegangan konsolidasi efektif ke i

LL = batas cair

2.3.3. Waktu Konsolidasi Tanah Lempung Lunak Alami

Perhitungan waktu konsolidasi tanah lempung lunak dengan cara konvensional sangat tidak memungkinkan untuk mengkompresi air pori keluar dari dalam tanah seperti yang tampak pada **Gambar 2.4**.



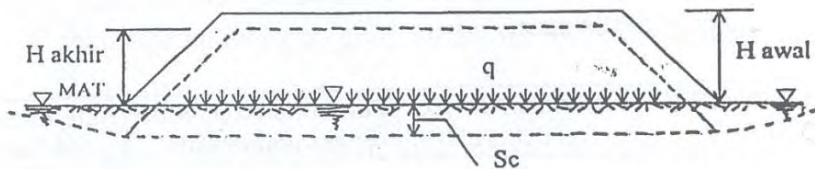
Gambar 2.4. Konsolidasi Tanah Lunak Alami

Dengan menganggap koefisien konsolidasi arah vertikal tanah adalah C_v dan tinggi air pori yang terdrainase keluar dari tanah adalah H_d maka persamaan yang digunakan untuk memperoleh waktu konsolidasi tanah lempung lunak alami

$$t = \frac{T \times H_d^2}{C_v} \quad \dots (2.12)$$

2.4. Hubungan antara Tinggi Timbunan dan Penurunan

Suatu timbunan setelah mengalami penurunan akan mengalami perubahan “berat” karena selama terjadi penurunan sebagian tanah timbunan “tenggelam” berada di bawah muka air tanah seperti pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5. Kedudukan Timbunan saat Mengalami Penurunan
(Sumber : Mochtar, 2000)

Mula-mula :

$$q_{awal} = H_{awal} \times \gamma_{timbunan}$$

Setelah mengalami konsolidasi, S_c :

$$H_{akhir} = H_{awal} - S_c$$

$$q_{akhir} = H_{akhir} \times \gamma_{timbunan} + S_c (\gamma_{sat.timbunan} - \gamma_{water})$$

$$q_{akhir} = (H_{awal} - S_c) \gamma_{timbunan} + S_c (\gamma_{sat.timbunan} - 1)$$

Karena dianggap $\gamma_{timbunan} = \gamma_{sat.timbunan}$ maka

$$q_{akhir} = H_{awal} \times \gamma_{timbunan} - S_c \quad \dots (2.13)$$

Jadi, $q_{akhir} < q_{awal}$

Mencari Harga S_c :

1. Tentukan suatu harga q = konstan tertentu, misal :
 $q = 2 \text{ ton/m}^2$

2. Dengan asumsi q tersebut dan bentuk timbunan yang dikehendaki cari penurunan konsolidasi, misalnya didapatkan penurunan konsolidasi = S_{ci}
3. Cari H_{awal} dan H_{akhir} akibat q tersebut dengan persamaan sebagai berikut :

$$q_{akhir} = q = (H_{awal} - S_c) \gamma_{sat} + S_c (\gamma_{sat} - 1)$$

$$q = (H_{awal} \times \gamma_{sat} - S_c \times \gamma_{sat}) + (S_c \times \gamma_{sat} - S_c)$$

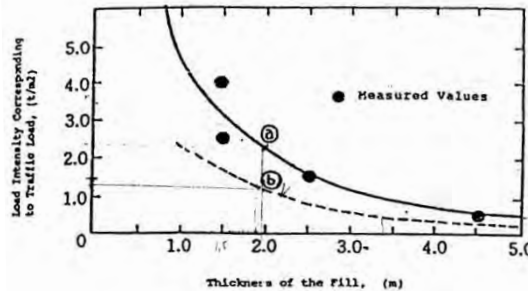
$$= H_{awal} \times \gamma_{sat} - S_c$$
 Jadi, $H_{awal\ i} = \frac{q_i + S_{ci}}{\gamma_{sat}} \quad \dots (2.14)$

$$H_{akhir} = H_{awal} - S_{ci} \quad \dots (2.15)$$
4. Ulangi langkah-langkah di atas untuk $q = 4 \text{ ton/m}^2$; 6 ton/m^2 ; 8 ton/m^2 ; 10 ton/m^2 ; dst. Dapatkan pula harga-harga S_c , H_{awal} , dan H_{akhir} yang bersesuaian.
5. Buat tabel yang berisi q_i , S_{ci} , $H_{awal\ i}$, dan $H_{akhir\ i}$.
6. Buat grafik hubungan antara H_{awal} dengan H_{akhir} ($H_{awal} = H_{initial}$; $H_{akhir} = H_{final}$). Buat pula grafik hubungan antara *settlement* dengan H_{final} .
7. Dari grafik hubungan antara H_{awal} dengan H_{akhir} , dapat dicari berapa saja ketinggian H_{awal} untuk H_{akhir} yang telah ditentukan.

2.5. Asumsi Beban Traffic

Beban *traffic* dapat menyebabkan penurunan tanah dasar. Untuk itu, beban *traffic* harus diperhitungkan sebagai tambahan beban merata yang menyebabkan penurunan tanah. Menurut *Japan Road Associaton* (1986), beban *traffic* diperhitungkan sebagai beban merata yang tergantung dari tinggi timbunan (*embankment*) seperti pada **Gambar 2.6**. Beban *traffic* tersebut kemudian dapat dikorelasikan dalam tinggi timbunan tambahan dan akan dibongkar saat waktu konsolidasi selesai. Makin tebal tinggi timbunan, makin kecil pengaruh beban *traffic* terhadap penurunan tanah. Hasil studi oleh *Japan Road Associaton* (1986) tersebut berlaku untuk suatu timbunan tanah di atas tanah asli yang belum diperbaiki. Jadi, dapat diasumsikan pengaruh *traffic* pada tanah dasar yang telah terkonsolidasi hanya sebagian dari

harga menurut *Japan Road Association* tersebut. Bila intensitas tersebut hanya setengah dari harga *Japan Road Association*, kurva hubungan mengikuti kurva b dari **Gambar 2.6**.



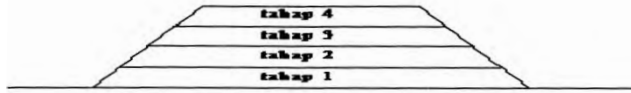
Gambar 2.6. Kurva Hubungan antara Tebal Timbunan dengan Intensitas Beban yang Bersesuaian dengan Beban Traffic
(Sumber : Mochtar, 2000)

Dengan adanya asumsi beban *traffic* dan perkerasan jalan (*pavement*) yang berfungsi untuk memberikan struktur yang kuat dalam mendukung beban *traffic* dan mendistribusikan beban *traffic* ke tanah dasar secara merata maka persamaan h_{akhir} menjadi :

$$H_{akhir} = H_{awal} - S_c \text{ Akibat Timbunan} - S_c \text{ Akibat Perkerasan Jalan (Pavement)} - H_{bongkar} + \text{Tebal Pavement} \dots (2.16)$$

2.6. Timbunan Bertahap dan Besar Pemampatan

Seperti yang diketahui bahwa timbunan di lapangan diletakkan lapis demi lapis seperti pada **Gambar 2.7**. dengan kecepatan sesuai dengan yang direncanakan. Dengan demikian, perumusan yang digunakan untuk menghitung besar pemampatan konsolidasi perlu disesuaikan terutama perumusan tentang besar beban dan pemakaian harga C_c dan C_s .



Gambar 2.7. Timbunan Diletakkan Secara Bertahap
(Sumber : Mochtar, N.E, 2012)

Untuk pembebanan secara bertahap, besar beban setiap tahapan adalah Δp . Adapun persamaan yang digunakan sebagai berikut :

1. Apabila $\sigma'_0 + \Delta p_1 \leq \sigma_c$:

$$S_c = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta p_1}{\sigma'_0} \quad \dots (2.17)$$

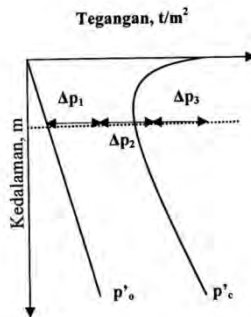
2. Apabila $\sigma'_0 + \Delta p_1 + \Delta p_2 > \sigma_c$:

$$S_c = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_c}{\sigma'_0 + \Delta p_1} + \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta p_1 + \Delta p_2}{\sigma_c} \quad \dots (2.18)$$

3. Apabila $\sigma'_0 + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 > \sigma_c$:

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3}{\sigma'_0 + \Delta p_1 + \Delta p_2} \quad \dots (2.19)$$

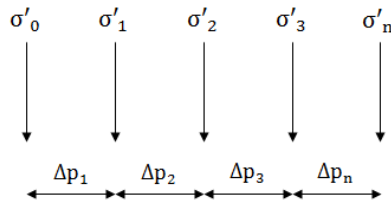
Untuk lebih jelasnya, perubahan tegangan akibat penambahan beban bertahap dapat dilihat pada **Gambar 2.8**. Selanjutnya, untuk setiap kenaikan tegangan (Δp) digunakan Persamaan 2.17 s.d. 2.19 untuk menghitung pemampatan yang terjadi.



Gambar 2.8. Sketsa Diagram Penambahan Tegangan akibat Beban Bertahap
(Sumber : Mochtar, N.E, 2012)

2.7. Kenaikan Daya Dukung Tanah

Sebagai akibat terjadinya konsolidasi pada suatu lapisan tanah maka lapisan tanah yang bersangkutan menjadi lebih padat yang berarti kekuatan tanah juga meningkat sebagai akibat kenaikan harga C_u (*undrained shear strength*). Apabila proses peletakkan timbunan dilakukan secara bertahap, daya dukung tanah juga akan meningkat secara bertahap. Misalkan tinggi setiap tahapan penimbunan adalah h_1, h_2, h_3 sampai h_n , umur masing-masing tahapan penimbunan adalah t_1, t_2, t_3 , dan t_n , dan derajat konsolidasi yang dicapai akibat masing-masing tahapan penimbunan adalah U_1, U_2, U_3 , dan U_n maka penambahan (kenaikan) tegangan pada lapisan tanah yang ditinjau akibat masing-masing tahapan penimbunan adalah $\Delta p_1, \Delta p_2, \Delta p_3$, dan Δp_n .



Penambahan tegangan akibat beban bertahap dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

- Δp_1 (penambahan tegangan) akibat tahap penimbunan 1, dari 0 m s.d. h_1 selama t_1 (derajat konsolidasi = U_1)

$$\Delta p_{1-U_1} = \left(\left(\frac{\sigma'_1}{\sigma'_0} \right)^{U_1} \times \sigma'_0 \right) - \sigma'_0$$

- Δp_2 (penambahan tegangan) akibat tahap penimbunan 2, dari h_1 s.d. h_2 selama t_2 (derajat konsolidasi = U_2)

$$\Delta p_{2-U_2} = \left(\left(\frac{\sigma'_2}{\sigma'_1} \right)^{U_2} \times \sigma'_1 \right) - \sigma'_1$$

- Δp_3 (penambahan tegangan) akibat tahap penimbunan 3, dari h_2 s.d. h_3 selama t_3 (derajat konsolidasi = U_3)

$$\Delta p_{3-U_3} = \left(\left(\frac{\sigma'_3}{\sigma'_2} \right)^{U_3} \times \sigma'_2 \right) - \sigma'_2$$

- Δp_n (penambahan tegangan) akibat tahap penimbunan n , dari h_3 s.d. h_n selama t_n (derajat konsolidasi = U_n)

$$\Delta p_{n-U_n} = \left(\left(\frac{\sigma'_n}{\sigma'_{n-1}} \right)^{U_n} \times \sigma'_{n-1} \right) - \sigma'_{n-1} \quad \dots (2.20)$$

Jadi, penambahan tegangan tanah pada lapisan yang ditinjau menjadi :

$$\begin{aligned} \sigma'(H = h_n) = & \sigma'_0 + \left(\left(\frac{\sigma'_1}{\sigma'_0} \right)^{U_1} \times \sigma'_0 \right) - \sigma'_0 + \left(\left(\frac{\sigma'_2}{\sigma'_1} \right)^{U_2} \times \sigma'_1 \right) - \sigma'_1 + \\ & \left(\left(\frac{\sigma'_3}{\sigma'_2} \right)^{U_3} \times \sigma'_2 \right) - \sigma'_2 + \dots + \\ & \left(\left(\frac{\sigma'_n}{\sigma'_{n-1}} \right)^{U_n} \times \sigma'_{n-1} \right) - \sigma'_{n-1} \quad \dots (2.21) \end{aligned}$$

Harga C_u tanah saat tercapainya tinggi $H = h_n$ adalah :

- Untuk harga *Plasticity Index* (PI) < 120 %
 $C_u = [0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \text{ PI})] \times \sigma'_{H=h_n} \dots (2.22)$

- Untuk harga *Plasticity Index* (PI) ≥ 120 %
 $C_u = [0,0737 + (0,0454 - 0,00004 \text{ PI})] \times \sigma'_{H=h_n} \dots (2.23)$

2.8. Prefabricated Vertical Drain (PVD)

Seperti yang telah dijelaskan dalam bab sebelumnya bahwa perbaikan tanah dasar yang dipilih adalah metode *preloading* dengan PVD. PVD merupakan salah satu material yang digunakan dalam upaya stabilisasi tanah. PVD diaplikasikan pada lahan *compressible soil* seperti lempung dan lempung kelanauan. Jenis tanah tersebut memiliki karakter butiran yang renggang satu sama lain dan jenuh air.

PVD terdiri dari 2 bagian yaitu *core/inti* yang berfungsi untuk mempermudah air pori mengalir dari bawah ke atas dan *jacket/filter* yang berfungsi untuk melindungi dan menyaring material agar tidak bercampur dengan air pori seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.9**. *Core/inti* PVD dibuat dari bahan *polypropylene* (PP) yang berbentuk sirip ikan (*fished*) dan menerus untuk mengalirkan air pori secara vertikal. *Core/inti* PVD harus cukup mampu menahan tekanan samping tanah sehingga tetap mampu berfungsi untuk mengalirkan air pori

secara vertikal tanpa terputus alirannya. *Jacket/filter* PVD dibuat dari bahan *Geotextile Polyester (PET) Nonwoven* yang mempunyai kemampuan terhadap adanya tarikan pada saat proses pemasangan PVD dan konsolidasi berlangsung. *Jacket/filter* PVD harus mampu melewati air pori semaksimal mungkin dan mampu menahan butiran tanah dengan ukuran sekecil mungkin. Selama masa konsolidasi berlangsung, *jacket/filter* PVD harus mampu menahan tekanan samping tanah dan cukup fleksibel mengikuti gerakan penurunan tanah sehingga kapasitas pengaliran pada inti PVD tidak terganggu.

Proses konsolidasi dapat dipercepat dengan memperpendek jalan aliran air pori. Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan menggunakan PVD yang ditancapkan ke dalam tanah sampai kedalaman yang dapat terkompresi. Pemberian beban pada tanah yang akan dikonsolidasi menyebabkan butiran tanah terkompresi dan air pori berlebih mencari jalan untuk keluar. Air pori berlebih tersebut akan mencari jalan terpendek untuk keluar yaitu dengan melalui PVD. PVD dapat mempercepat pencapaian konsolidasi tanah yang diinginkan. Jika beban timbunan sulit untuk diperoleh, maka sistem vakum dapat digunakan sebagai pengganti beban tersebut.



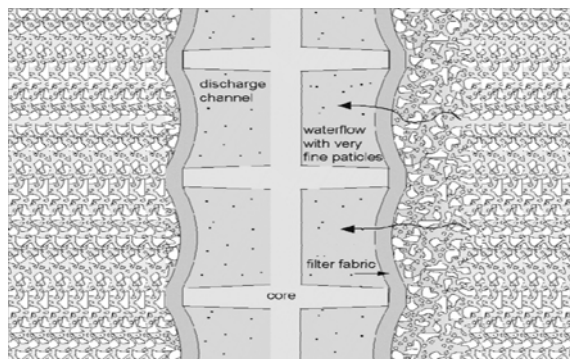
Gambar 2.9. *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)

Sekarang ini PVD sudah dipakai di berbagai proyek konstruksi. Metode kombinasi *preloading* dan PVD ini diaplikasikan seperti pada proyek :

- Konstruksi jalan, jalur kereta api, landasan pesawat, dan tanggul.
- Reklamasi lahan.
- Konstruksi pelabuhan.
- Lahan industri.
- Perkuatan tanah dasar timbunan, dll.

2.8.1. Cara Kerja PVD

Core/inti bekerja sebagai media pengaliran air pori secara vertikal dan *jacket*/filter bekerja sebagai penyaring air pori. Ketika dilakukan *preloading*, air pori yang terkompresi di dalam tanah akan masuk ke dalam PVD melalui pori-pori pada filter PVD. Selanjutnya, air pori tersebut masuk ke dalam sela-sela inti PVD. Setelah itu, air pori dialirkan keluar dari tanah yang nantinya diteruskan oleh pori-pori dari material timbunan atau *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD). Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat secara detail melalui **Gambar 2.10**.



Gambar 2.10. Cara Kerja *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)

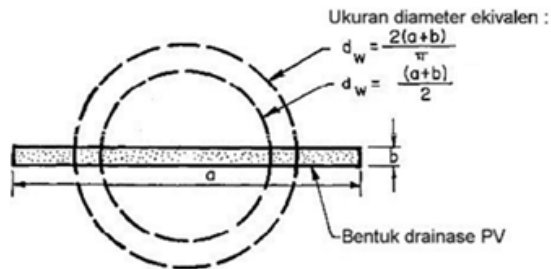
2.8.2. Diameter Ekivalen PVD (d_w)

Pita PVD yang berbentuk persegi diasumsikan dengan diameter ekivalen PVD (d_w) sebagai diameter lingkaran seperti pada **Gambar 2.11**. Untuk kondisi umum, d_w dapat diasumsikan tidak terpengaruh oleh kondisi bawah permukaan akibat pemasangan dan sifat-sifat tanah sehingga hanya merupakan fungsi dari bentuk (konfigurasi) dan geometri *drain*.

Untuk desain diameter ekivalen dapat dihitung sebagai berikut :

$$d_w = (2(a+b) / \pi) \quad \dots (2.24)$$

dengan a adalah lebar dari potongan melintang pita PVD (m) dan b adalah tebal dari potongan melintang pita PVD (m).



Gambar 2.11. Diameter Ekivalen PVD (d_w)

(Sumber : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)

Persamaan 2.24 didasarkan pada asumsi praktis bahwa pita PVD dan lingkaran akan menghasilkan kinerja konsolidasi yang sama jika kelilingnya sama. Persamaan 2.24 disusun dengan anggapan bahwa bagian inti tidak menahan rembesan secara signifikan ke dalam saluran *drain*. Pengaruh tahan akan terjadi bila bukaan inti pada saluran *drain* sangat kecil dan atau berjarak lebar, atau jika presentase yang tinggi dari luas filter berada dalam bidang kontak langsung dengan inti. Berdasarkan penelitian, Persamaan 2.24 dapat berlaku secara umum bila bagian dari luas keliling pita PVD memungkinkan aliran air masuk (tidak tertahan oleh inti *drain*) melebihi 10-20 % dari

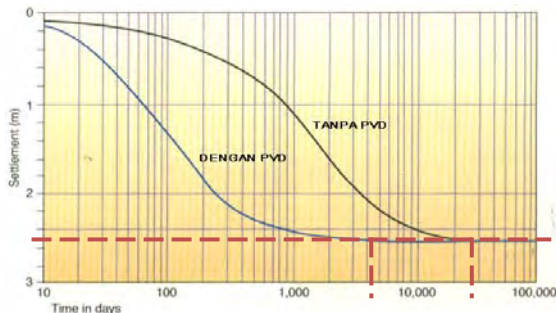
keliling total. Untuk jenis PVD pada umumnya, hal ini mudah diperoleh. Rembesan dalam lapisan antara bukaan ke saluran drainase, secara teoritis akan mengurangi pengaruh tahanan dari inti. Dengan menggunakan studi elemen, Persamaan 2.24 dimodifikasi menjadi Persamaan 2.25 sebagai berikut :

$$d_w = (a+b) / 2 \quad \dots (2.25)$$

Persamaan 2.25 akan lebih memadai untuk desain pita PVD konvensional yang mempunyai rasio a/b kira-kira 50 atau lebih kecil dan lebih praktis dalam menentukan diameter ekuivalen PVD. Untuk PVD yang digunakan secara umum, d_w berkisar antara 50 mm (2 in) sampai 75 mm (3 in).

2.8.3. Fungsi PVD

Kesulitan untuk mempercepat konsolidasi adalah pernyataan yang sering muncul dalam pikiran para kontraktor perencanaan. Hal ini dikarenakan mereka dituntut untuk segera menyelesaikan proyek sesuai jadwal yang telah ditetapkan dan menginginkan konsolidasi yang cepat dan optimal. Untuk itulah, PVD diciptakan. Karena dengan melakukan *preloading* dengan PVD, air pori yang terkompresi di dalam tanah akan masuk ke dalam PVD yang kemudian dialirkan keluar. Itu juga sudah terbukti dengan grafik pada **Gambar 2.12.** bahwa dengan menggunakan PVD akan memperoleh waktu konsolidasi yang lebih cepat.



Gambar 2.12. Grafik Waktu Konsolidasi vs Settlement
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)

2.8.4. Pemasangan PVD

Pemasangan PVD menggunakan peralatan utama, yaitu *Crawler Crane* yang dimodifikasi dengan *rig*. *Rig* terdiri dari *mandrel* dan *masdrel*. *Mandrel* (**Gambar 2.13.**) berfungsi sebagai selongsong kaku PVD sehingga PVD bisa ditancapkan ke dalam tanah. *Masdrel* (**Gambar 2.14.**) berfungsi sebagai tempat kedudukan *mandrel* sehingga *mandrel* bisa digerakkan naik turun dan keluar masuk tanah dengan membawa PVD di dalamnya. *Crawler Crane* (**Gambar 2.15.**) berfungsi sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan gabungan *mandrel* serta *masdrel* menuju titik-titik yang direncanakan akan dipasang PVD. *Mandrel* berpenampang persegi dengan luas $5 \times 12,5 \text{ cm}^2$ dengan tebal 0,8-1 mm dan panjang 6 m setiap *section*. *Masdrel* berpenampang persegi dengan panjang 6 m setiap *section*. *Crawler Crane* yang biasa digunakan adalah yang berkapasitas 25-50 ton, tergantung dari kedalaman pemasangan PVD yang direncanakan. Semakin dalam pemasangannya, semakin banyak *section mandrel* dan *masdrel* yang diperlukan sehingga semakin besar kapasitas *Crawler Crane* yang digunakan. Pada pemasangan PVD dengan kedalaman 15-20 m, biasanya digunakan 3-4 *section mandrel* dan *masdrel* serta *Crawler Crane* berkapasitas 25-35 ton.



Gambar 2.13. Mandrel
(Sumber : Berita Geosistem, 2005)



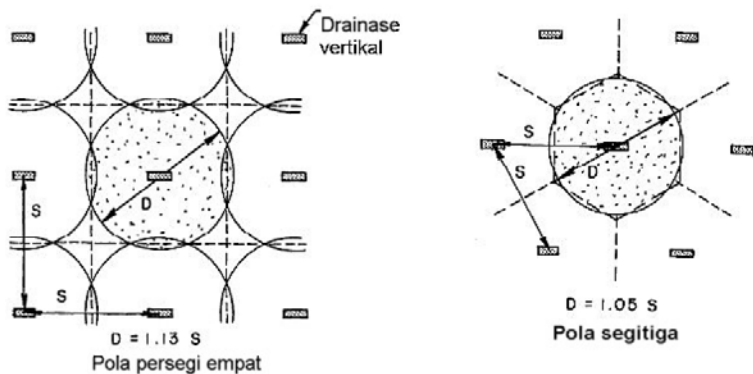
Gambar 2.14. *Masdrel*
(Sumber : Berita Geosistem, 2005)



Gambar 2.15. *Crawler Crane*
(Sumber : Berita Geosistem, 2005)

2.8.5. Pola Pemasangan PVD

Hingga saat ini pemasangan PVD baru mengenal 2 pola, yaitu pola segitiga dan pola segiempat seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.16**. Pola segitiga mengacu pada bentuk pola pemasangan titik-titik PVD yang dipasang sehingga membentuk pola segitiga, sedangkan pola segiempat mengacu pada bentuk pola pemasangan titik-titik PVD yang dipasang sehingga bentuk pola berupa segiempat. Bila dilihat dari daerah cakupan drainase air tanah akibat pemasangan PVD, pola segitiga sangat efektif digunakan karena daerah yang tercakup bisa hampir mendekati dengan daerah tangkapan titik PVD yang lain sehingga hanya menyisakan daerah tak terdrainase yang kecil. Apabila dibandingkan dengan pola segiempat, daerah yang tercakup menyisakan sisa luas yang masih besar sehingga nantinya konsolidasi berjalan tidak maksimal.



Gambar 2.16. Pola Pemasangan PVD
(Sumber : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)

Daerah tangkapan PVD pola segiempat dapat dihitung dengan persamaan :

$$A_e = \frac{1}{4} \pi (1,13 \times S)^2 \quad \dots (2.26)$$

Daerah tangkapan PVD pola segitiga dapat dihitung dengan persamaan :

$$A_e = \frac{1}{4} \pi (1,05 \times S)^2 \quad \dots (2.27)$$

2.8.6. Metode Pemasangan PVD

Pemasangan PVD dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu :

1. Statik

Pada metode statik, *mandrel* yang di dalamnya telah dimasuki PVD ditancapkan ke dalam tanah dengan menggunakan tenaga mekanis dari *Crawler Crane*.

2. Hidrolik

Pada metode hidrolik, *mandrel* yang di dalamnya telah dimasuki PVD ditancapkan ke dalam tanah dengan menggunakan tenaga hidrolis yang dihasilkan *Excavator*.

3. *Vibro Static*

Pada metode *vibro static*, *mandrel* yang di dalamnya telah dimasuki PVD ditancapkan ke dalam tanah dengan menggunakan tenaga getar dari mesin vibrator.

4. *Vibro Hidrolic*

Pada metode *vibro hidrolic*, *mandrel* yang di dalamnya telah dimasuki PVD ditancapkan ke dalam tanah dengan menggunakan tenaga getar dari mesin vibrator dan tenaga hidrolis yang dihasilkan oleh *Excavator*.

2.8.7. Waktu Konsolidasi dengan PVD

Perhitungan waktu konsolidasi dengan bantuan PVD dapat memungkinkan terjadinya alur air pori saat terjadinya kompresi seperti yang tampak pada **Gambar 2.17**.



Gambar 2.17. Konsolidasi dengan Menggunakan PVD

Dengan menganggap koefisien konsolidasi arah horisontal melalui PVD adalah C_h dan jarak titik PVD adalah S maka persamaan untuk waktu konsolidasi menggunakan PVD adalah :

$$t = \frac{T \times S^2}{C_h} \quad \dots (2.28)$$

Dimana nilai dari $C_h \approx 2-5 C_v$

Sistem drainase vertikal telah dijelaskan oleh Barron (1948) berdasarkan teori aliran pasir vertikal yang menggunakan asumsi teori Terzaghi tentang konsolidasi linier satu dimensi. Teori ini menetapkan hubungan antara waktu, diameter *drain*, jarak antara *drain*, koefisien konsolidasi dan rata-rata derajat konsolidasi. Penentuan waktu konsolidasi dari teori ini dapat dibuat persamaan sebagai berikut :

$$t = \frac{D^2}{8 \times C_h} \times F(n) \times \ln \frac{1}{1 - U_h} \quad \dots (2.29)$$

$$U_h = [1 - \exp(-x)] \times 100\% \quad \dots (2.30)$$

$$x = \frac{8 \times C_h \times t}{D^2 \times F(n)} \quad \dots (2.31)$$

Dimana : t = waktu untuk menyelesaikan konsolidasi primer

D = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh *drain* vertikal

C_h = koefisien konsolidasi tanah arah horisontal

U_h = derajat konsolidasi tanah arah horisontal

Persamaan Barron di atas kemudian dikembangkan lagi oleh Hansbo (1979) untuk PVD. Teori Hansbo mendekati teori Barron, tetapi lebih disederhanakan dengan memasukkan dimensi fisik dan karakteristik dari PVD.

Fungsi $F(n)$ merupakan fungsi hambatan akibat jarak antara titik pusat PVD. Oleh Hansbo (1979) harga $F(n)$ didefinisikan sebagai berikut :

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right] \quad \dots (2.32)$$

Pada umumnya $n > 20$ sehingga dapat dianggap bahwa $1/n = 0$ dan $\left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \approx 1$, jadi :

$$F(n) = \ln(n) - \frac{3}{4} \text{ atau } F(n) = \ln \left(\frac{D}{d_w} \right) - \frac{3}{4} \quad \dots (2.33)$$

Dimana : d_w = diameter ekuivalen dari PVD

Selain konsolidasi arah horisontal, juga terjadi konsolidasi arah vertikal, U_v . Harga U_v dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$T_v = \frac{t \times C_v}{(H_d)^2} \quad \dots (2.34)$$

Dimana : T_v = faktor waktu

t = waktu sembarang yang dipilih

C_v = harga C_v tanah pada lapisan setebal panjang PVD

H_d = panjang PVD

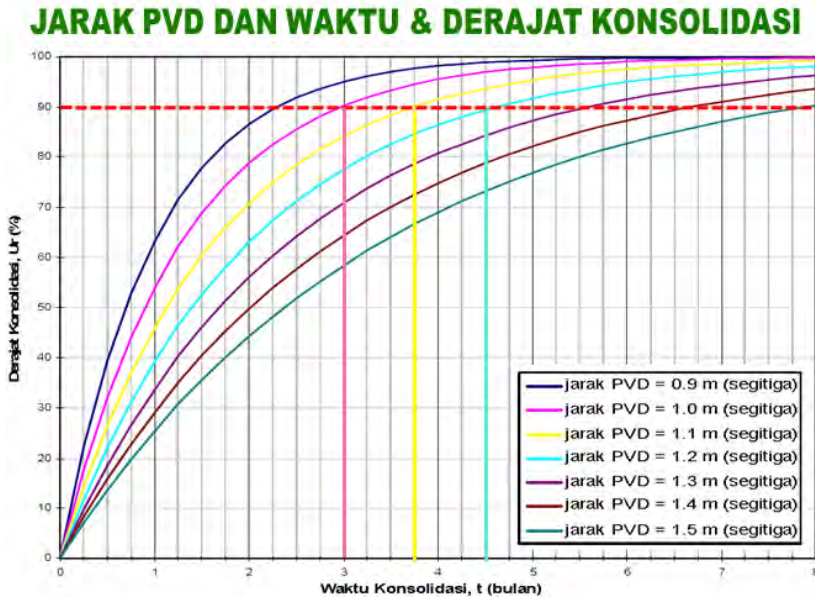
Harga U_v dicari dengan persamaan :

$$U_v = \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\% \quad \dots (2.35)$$

Derajat konsolidasi rata-rata dapat dicari dengan cara :

$$U_r = [1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)] \times 100\% \quad \dots (2.36)$$

Berikut contoh hasil perhitungan berupa grafik jarak PVD dan waktu serta derajat konsolidasi pada **Gambar 2.18.** :



Gambar 2.18. Contoh Grafik Jarak PVD dan Waktu serta Derajat Konsolidasi (Pola Segitiga)
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)

2.9. Prefabricated Horizontal Drain (PHD)

PHD merupakan suatu komposit yang terdiri dari inti/core dan diselimuti dengan *Geotextile Nonwoven* (*jacket/filter*) seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.19.** *Geotextile* yang digunakan merupakan lembaran tipis yang bisa secara bebas dilewati air pori menuju inti tanpa meloloskan atau dapat menahan butiran tanah. Inti yang digunakan merupakan lembaran tipis memanjang tanpa terputus yang berguna untuk mengalirkan air pori secara horisontal. Material PHD berbentuk pita memanjang dengan ukuran lebar penampang 100 mm dan tebal penampang 20 mm.

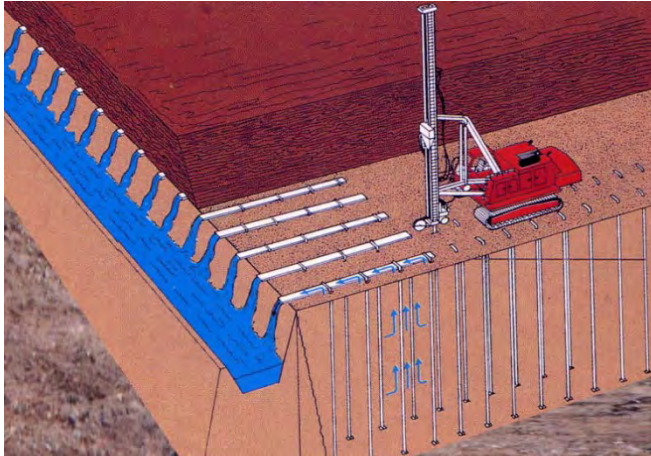


Gambar 2.19. *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)*
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)

Inti/core PHD dibuat dari bahan *polyethylene* yang memiliki kerapatan tinggi (HDPE) dan menerus dengan bentuk penampang bergelombang ganda untuk mengalirkan air pori secara horisontal. Inti/core PHD harus cukup mampu menahan tekanan timbunan sehingga tetap mampu berfungsi untuk mengalirkan air pori secara horisontal tanpa terputus alirannya. Jacket/filter PHD dibuat dari bahan *Geotextile Polyester (PET) Nonwoven* yang mempunyai kemampuan terhadap adanya coblosan, tarikan, dan robekan pada saat proses pemasangan dan konsolidasi berlangsung. Jacket/filter PHD harus mampu melewatkan air pori semaksimal mungkin. Selama masa konsolidasi berlangsung jacket/filter PHD harus mampu menahan tekanan timbunan tanah dan cukup fleksibel mengikuti gerakan penurunan tanah sehingga kapasitas pengaliran pada inti/core material PHD tidak terganggu.

2.9.1. Cara Kerja PHD

PHD dipasang pada ruas-ruas melintang timbunan sehingga terhubung dengan ujung PVD. Kemudian, air pori dari PVD diteruskan oleh PHD menuju tempat pembuangan. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat secara detail melalui **Gambar 2.20**.



Gambar 2.20. Cara Kerja *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD)

(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)

2.9.2. Estimasi Debit Maksimum Aliran Air Horizontal

PHD menerima aliran vertikal air pori dari PVD. Volume air pori yang keluar ke atas sama dengan volume tanah yang memampat ke bawah. Estimasi debit air pori yang keluar dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = \frac{V}{t} \quad \dots (2.37)$$

Dimana : Q = estimasi debit air pori yang keluar

V = volume aliran air

t = waktu pengaliran

Untuk estimasi debit air pori per 1 titik PVD dapat dicari dengan menghitung luas layanan 1 titik PVD menggunakan Persamaan 2.26 atau 2.27. Selanjutnya, dikalikan dengan estimasi debit air pori yang keluar.

Untuk estimasi debit maksimum aliran air horisontal dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = N \times q \quad \dots (2.38)$$

Dimana : Q = estimasi debit maksimum 1 lajur PHD

N = jumlah titik PVD maksimum 1 lajur PHD

q = estimasi debit air pori per 1 titik PVD

2.9.3. Fungsi PHD

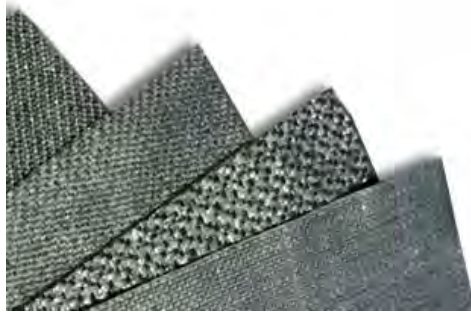
PHD berfungsi untuk meneruskan aliran air pori dari PVD menuju tempat pembuangan dan diciptakan untuk mempercepat drainase *subsoil*. Kebutuhan PHD didasarkan pada estimasi debit air per 1 titik PVD.

2.9.4. Pemasangan PHD

PHD dipasang pada ruas-ruas melintang timbunan sehingga terhubung dengan ujung PVD. Agar posisi PHD tetap terhubung dengan ujung PVD ketika dilakukan penimbunan di atasnya maka dapat dibantu dengan menggunakan kabel *ties*.

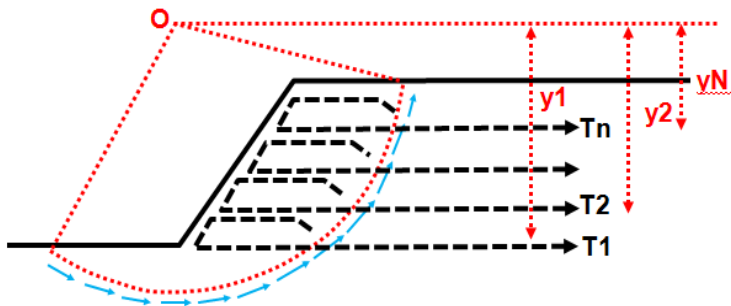
2.10. Perkuatan Lereng Timbunan

Untuk memperkuat lereng timbunan, digunakan bahan geosintesis, yaitu *geotextile*. *Geotextile* yang biasa digunakan adalah *Geotextile Woven* seperti pada **Gambar 2.21.** yang berbentuk menyerupai bahan tekstil (rajutan seperti bahan kain). *Geotextile* berfungsi sebagai penyaring dan menahan partikel tanah halus supaya tidak terbawa oleh aliran rembesan tanah, pemisah dua lapisan (tanah dengan tanah atau tanah dengan cairan), pencegah erosi dan gerusan, penguat tanah serta pengalir air yang baik.



Gambar 2.21. Geotextile Woven
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)

Untuk menghitung besarnya faktor keamanan (*safety factor*) digunakan persamaan berikut :



$$SF = \frac{MR}{MM} + \frac{T_1 \times y_1}{MM} + \frac{T_2 \times y_2}{MM} + \frac{T_N \times y_N}{MM} \quad \dots (2.39)$$

Untuk menghitung besarnya kekuatan *Geotextile* yang diizinkan digunakan persamaan berikut :

$$T_{allow} = \frac{T}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \quad \dots (2.40)$$

Dimana : T_{allow} = kekuatan *Geotextile* yang diizinkan

T = kekuatan tarik maksimum *Geotextile* yang digunakan

- FS_{id} = faktor keamanan terhadap kerusakan pada pemasangan
 FS_{cr} = faktor keamanan terhadap kerusakan akibat rangkai
 FS_{cd} = faktor keamanan terhadap kerusakan akibat bahan-bahan kimia
 FS_{bd} = faktor keamanan terhadap kerusakan akibat biologi dalam tanah

FS_{id} , FS_{cr} , FS_{cd} , dan FS_{bd} merupakan faktor keamanan akibat pengurangan kekuatan *Geotextile* yang besarnya dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2. Faktor Keamanan akibat Pengurangan Kekuatan *Geotextile*

Penggunaan <i>Geotextile</i>	FS_{id}	FS_{cr}	FS_{cd}	FS_{bd}
<i>Separation</i>	1,1 – 2,5	1,0 – 1,2	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
<i>Cushioning</i>	1,1 – 2,0	1,2 – 1,5	1,0 – 2,0	1,0 – 1,2
<i>Unpaved roads</i>	1,1 – 2,0	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
<i>Walls</i>	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
<i>Embankments</i>	1,1 – 2,0	2,0 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
<i>Bearing capacity</i>	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
<i>Slope stabilitation</i>	1,1 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
<i>Pavement overlays</i>	1,1 – 1,5	1,0 – 1,2	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
<i>Railroads</i>	1,1 – 3,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,2
<i>Flexible form</i>	1,1 – 1,5	1,5 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
<i>Silt fences</i>	1,1 – 1,5	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1

Untuk menghitung kebutuhan panjang *Geotextile* digunakan persamaan berikut :

- Panjang *Geotextile* di Belakang Bidang Longsor

$$L_e = \frac{T_{allow} \times SF}{(\tau_1 + \tau_2) \times E} \quad \dots (2.41)$$

Dimana : L_e = panjang *Geotextile* di belakang bidang longsor

τ_1 = tegangan geser akibat tanah timbunan dengan *Geotextile*

$$\tau_1 = C_{u1} + \sigma'_0 \tan \phi_1$$

τ_2 = tegangan geser akibat tanah dasar dengan *Geotextile*

$$\tau_2 = C_{u2} + \sigma'_0 \tan \phi_2$$

E = efisiensi, diambil $E = 0,8$

- Panjang *Geotextile* di Depan Bidang Longsor

$$L_r = (H-Z) \times \tan (45-(\phi/2)) \quad \dots (2.42)$$

Dimana : L_r = panjang *Geotextile* di depan bidang longsor

2.11. Instrumentasi Geoteknik dan Dasar-Dasar Evaluasi

Instrumentasi geoteknik bukan hanya merupakan dasar evaluasi perilaku tanah saja, melainkan juga memberikan data evaluasi dalam program pemantauan dan pengawasan serta inspeksi keamanan tanah secara menyeluruh. Tujuan utama desain instrumentasi geoteknik pada umumnya dapat dibagi dalam 4 kelompok, yaitu :

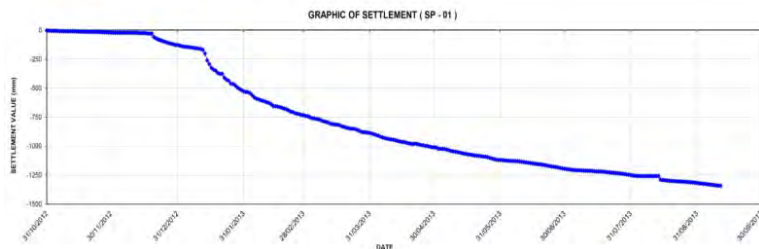
1. Penilaian secara analitik.
2. Perkiraan kinerja yang akan datang.
3. Evaluasi.
4. Pengembangan dan pemeriksaan secara teliti untuk desain yang akan datang.

Instrumentasi geoteknik dapat dinyatakan berhasil bila memberikan data-data secara kuantitatif dan kualitatif seperti :

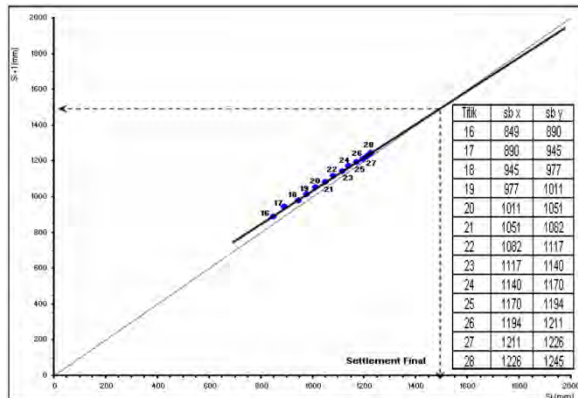
1. Penurunan tanah asli (di permukaan maupun di dalam lapisan tanah tersebut).
2. Tegangan air pori di dalam lapisan tanah asli yang kompresibel.
3. Deformasi lateral tanah asli dan dasar timbunan.
4. Tegangan total tanah.
5. Tinggi muka air tanah.

2.11.1. Evaluasi *Final Settlement*

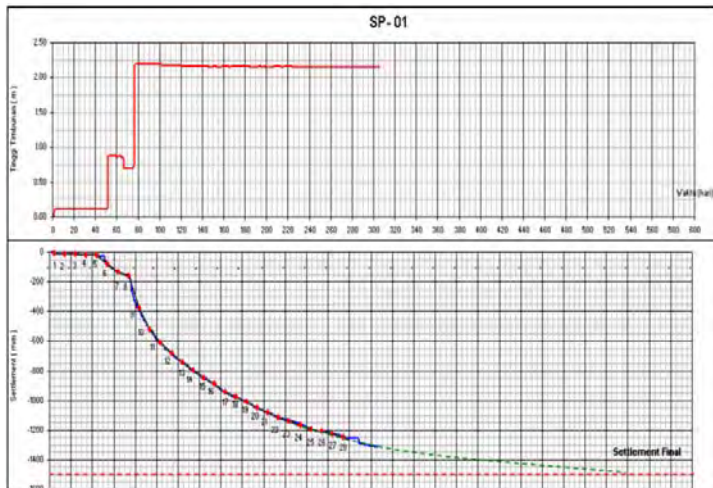
Secara umum, besarnya *settlement* dapat dikatakan hampir terpenuhi untuk suatu kurun waktu tertentu apabila arah kurva hubungan *settlement* dengan waktu bertendensi horisontal setelah sebelumnya turun tajam hampir vertikal. Namun demikian, dari grafik hubungan *settlement* dengan waktu hasil *soil monitoring* (**Gambar 2.22.**), dapat dihitung besarnya *final settlement*, yaitu yang menunjukkan suatu bilangan besarnya *settlement* yang dapat dikatakan relatif selesai. Metode untuk menentukan besarnya *final settlement* tersebut, salah satunya dengan menggunakan metode ASAOKA (1978). Dengan memplotkan sejumlah data yang mendekati hari terakhir pengambilan data (*monitoring*), kemudian menarik garis 45° dan perpotongan antara perpanjangan garis data dan 45° akan menghasilkan *final settlement* (**Gambar 2.23.**). Selanjutnya, plot hasil *final settlement* pada grafik *cumulative settlement* seperti pada **Gambar 2.24.** untuk mengetahui prediksi waktu *final settlement* dengan meneruskan grafik dengan kemiringan sedemikian rupa sehingga mencapai *final settlement* yang didapat.



Gambar 2.22. Contoh Grafik *Settlement* vs Waktu
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)



Gambar 2.23. Contoh Perhitungan *Final Settlement* Metode ASAOKA
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)



Gambar 2.24. Contoh Perhitungan Perkiraan Waktu *Final Settlement*
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)

2.11.2. Menentukan Derajat Konsolidasi Aktual Berdasarkan Hasil Pengukuran *Settlement*

Besarnya derajat konsolidasi aktual, U , dapat dicari dengan persamaan :

$$U (\%) = \frac{S_t}{S_\infty} \quad \dots (2.43)$$

Dimana : S_t = besarnya *settlement* pada waktu t yang diperoleh dari pengukuran lapangan

S_∞ = besarnya *consolidation final settlement* yang diperoleh dari perhitungan teoritis atau metode ASAOKA

2.12. *Back Analysis* untuk Mencari Harga C_h

Dari hasil *monitoring Settlement Plate*, koefisien konsolidasi arah horisontal, C_h , dapat dihitung. Pertama, mencari derajat konsolidasi aktual, U , dengan Persamaan 2.43. Kemudian, mengitung faktor waktu, T_h , dengan persamaan :

$$U_h = 1 - \exp \frac{-8 \times T_h}{F(n)} \quad \dots (2.44)$$

Dimana U_h adalah derajat konsolidasi arah horisontal. Dalam hal ini, derajat konsolidasi arah vertikal, U_v , diabaikan. T_h adalah faktor waktu konsolidasi arah horisontal, sedangkan $F(n)$ adalah fungsi hambatan akibat jarak antara titik pusat PVD yang dihitung menggunakan Persamaan 2.33.

C_h dapat dihitung menggunakan metode total waktu (Bromwell dan Lambe, 1968), persamaannya adalah :

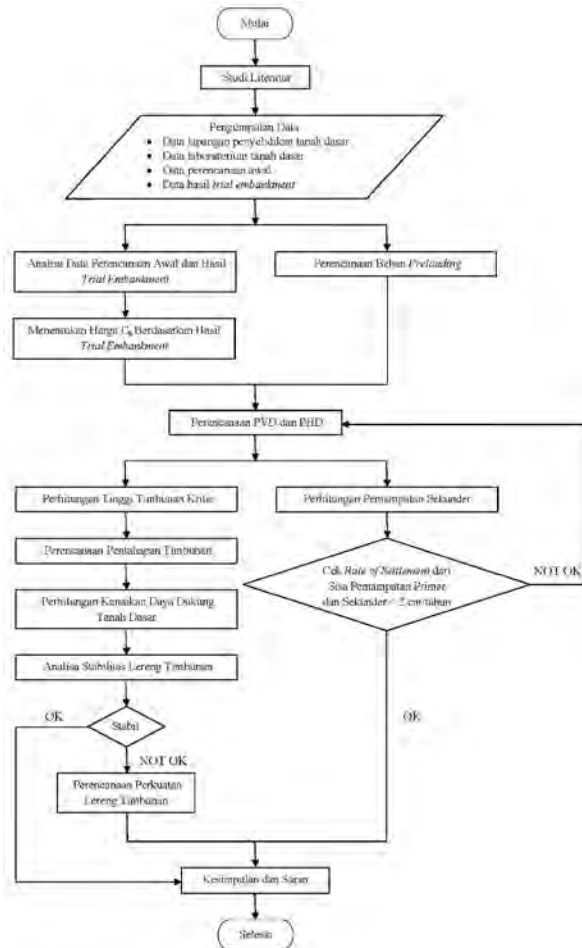
$$C_h = \frac{T_h \times D^2}{t} \quad \dots (2.45)$$

Dimana D adalah diameter ekuivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh *drain* vertikal. Untuk pola segiempat, $D = 1,13 \times S$, sedangkan pola segitiga $D = 1,05 \times S$.

BAB III METODOLOGI

3.1. Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Berikut rincian pengerjaan Tugas Akhir yang disajikan dalam bentuk diagram alir pada **Gambar 3.1.** :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

3.2. Studi Literatur

Dalam Tugas Akhir ini, studi literatur bertujuan untuk mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Referensi dapat dicari dari buku, jurnal, artikel, dan laporan penelitian yang sudah dibuat sebelumnya. Hasil dari studi literatur adalah terkumpulnya referensi yang relevan dengan perumusan masalah.

3.3. Pengumpulan Data

3.3.1. Data Lapangan Penyelidikan Tanah Dasar

Penyelidikan tanah dasar dilakukan pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung untuk memberikan informasi tentang kondisi tanah dasar di lokasi tersebut. Data lapangan penyelidikan tanah dasar berupa *Standard Penetration Test* (SPT) pada titik BH-01, BH-02, dan BH-03. Data lapangan penyelidikan tanah dasar dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

3.3.2. Data Laboratorium Tanah Dasar

Data laboratorium tanah dasar berupa parameter parameter tanah yang digunakan dalam perencanaan perbaikan tanah. Parameter-parameter tanah tersebut terdiri dari berat spesifik (G_s), batas cair (LL), batas plastis (PL), indeks plastisitas (IP), berat volume (γ), kadar air (W_c), angka pori (e_0), kuat geser (C_u), indeks kompresi (C_c), indeks mengembang (C_s), dan indeks pemampatan sekunder (C_α). Data laboratorium tanah dasar dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

Parameter-parameter tanah dari titik BH-01, BH-02, dan BH-03 nantinya akan dianalisa dengan metode statistik. Tujuan dari analisa dengan metode statistik adalah mencari kesamaan parameter-parameter tanah dari ketiga titik tersebut. Analisa parameter tanah dilakukan untuk mendapatkan parameter-parameter yang akan digunakan untuk perencanaan perbaikan tanah dasar jalan akses pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung. Metode yang digunakan adalah cara

statistik dengan selang kepercayaan yang baik, yaitu selang yang pendek dengan derajat kepercayaan yang tinggi. Oleh karena itu, digunakan selang kepercayaan 90%. Bentuk umum selang kepercayaan adalah batas bawah < parameter tanah < batas atas. Untuk data berukuran kecil ($n < 30$), estimasi interval dari *mean* menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\bar{X} - t_{\alpha/2, v} \sigma_{\bar{X}} < \mu_x < \bar{X} + t_{\alpha/2, v} \sigma_{\bar{X}} \quad \dots (3.1)$$

Dimana : \bar{X} = *mean*

$t_{\alpha/2, v}$ = nilai kritis t yang tergantung pada tingkat kepercayaan dan derajat kebebasan

α = 1 – tingkat kepercayaan (sering disebut *chance of error*)

v = derajat kebebasan (d_f) = $n - 1$

μ_x = nilai parameter tanah

3.3.3. Data Perencanaan Awal

Data perencanaan awal berupa *layout* lokasi *trial embankment* serta jalan akses dan data perencanaan *trial embankment* yang dibuat oleh PT Teknindo Geosistem Unggul. Data perencanaan *trial embankment* tersebut berupa tinggi awal timbunan (*preloading*), prediksi besar pemampatan tanah, perencanaan PVD dan PHD serta kebutuhan *Geotextile* untuk perkuatan lereng timbunan di lokasi *trial embankment*.

3.3.4. Data Hasil *Trial Embankment*

Data hasil *trial embankment* berupa data *monitoring* alat instrumen geoteknik yang menunjukkan perilaku tanah dasar. Data *monitoring Settlement Plate* berupa grafik hubungan antara besar pemampatan tanah dengan waktu, data *monitoring Pneumatic Piezometer* berupa grafik tekanan air pori tanah, dan data *monitoring Inclinator* berupa grafik deformasi lateral tanah. Data hasil *trial embankment* digunakan untuk menentukan harga C_h di lapangan. Dalam Tugas Akhir ini, untuk menentukan harga C_h , data hasil *trial embankment* yang digunakan hanya

berdasarkan data *monitoring* dari *Settlement Plate*. Data *monitoring Settlement Plate* dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

3.4. Analisa Data Perencanaan Awal dan Hasil *Trial*

Embankment

Dari *layout* lokasi *trial embankment* serta jalan akses, diketahui lebar dan tinggi timbunan rencana (tinggi akhir timbunan), sedangkan dari data perencanaan *trial embankment* yang dibuat oleh PT Teknindo Geosistem Unggul dapat diketahui asumsi C_h yang digunakan dan prediksi pemampatan tanah yang terjadi. Untuk menentukan harga C_h di lapangan yang sesungguhnya, dilakukan *back analysis* data *trial embankment* berupa data *monitoring Settlement Plate*. Langkah pertama adalah mencari derajat konsolidasi berdasarkan *Settlement Plate* dengan mencari *final settlement* dengan metode ASAOKA terlebih dahulu seperti yang sudah dibahas pada bab sebelumnya.

3.5. Menentukan Harga C_h Berdasarkan Data *Trial*

Embankment

Setelah derajat konsolidasi didapat, langkah selanjutnya adalah menentukan harga C_h . Umumnya, harga C_h berkisar antara 2-5 harga C_v . Harga C_h tersebut digunakan untuk perencanaan perbaikan tanah dasar jalan akses pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung.

3.6. Perencanaan Beban *Preloading*

Dengan mengasumsikan beberapa harga q , dapat dicari besar pemampatan primer. Asumsi q tersebut juga digunakan untuk mencari tinggi timbunan yang harus dibongkar dengan menggunakan kurva seperti pada **Gambar 2.6**. sehingga tinggi awal timbunan dapat ditentukan. Kemudian, membuat grafik hubungan antara tinggi awal timbunan dengan besar pemampatan tanah dan grafik hubungan antara tinggi awal timbunan (*preloading*) dengan tinggi akhir timbunan.

3.7. Perencanaan PVD dan PHD

Untuk mempercepat pemampatan primer, digunakan PVD yang dapat memperpendek aliran air pori tanah, yaitu dengan menciptakan arah horisontal. Setelah air pori tanah mencapai dasar timbunan, diteruskan oleh PHD yang membawa air pori tanah menuju tempat pembuangan sehingga dapat mempercepat pemampatan tanah serta menaikkan daya dukungnya. Kemudian, membuat grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi.

3.8. Perhitungan Pemampatan Sekunder

Dalam Tugas Akhir ini, dilakukan pula penyelidikan tentang pemampatan sekunder karena dari beberapa kenyataan pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung, walaupun waktu pemampatan primer sudah selesai, pemampatan masih terjadi. Kemudian, dilakukan pengecekan kecepatan pemampatan (*rate of settlement*) dari sisa pemampatan primer dan sekunder. *Rate of settlement* yang diizinkan tidak lebih dari 2 cm/ tahun. Apabila melebihi batas tersebut, perlu dilakukan perencanaan ulang PVD.

3.9. Perhitungan Tinggi Timbunan Kritis

Dalam pelaksanaan di lapangan, tinggi penimbunan harus memperhatikan tinggi timbunan kritis yang masih mampu dipikul oleh tanah dasar. Perhitungan tinggi timbunan kritis ini bertujuan untuk mencegah kelongsoran akibat daya dukung tanah dasar yang terbatas untuk memikul timbunan. Perhitungan tinggi timbunan kritis menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$H_{\text{kritis}} = \frac{C_u \times N_c}{\gamma_{\text{timbunan}} \times SF} \quad \dots (3.2)$$

3.10. Perencanaan Pentahapan Timbunan

Seperti yang diketahui bahwa timbunan di lapangan diletakkan lapis demi lapis dengan kecepatan sesuai dengan yang direncanakan. Akibat dari pentahapan timbunan, tanah dasar akan

mengalami perubahan tegangan. Kenaikan tegangan tersebut digunakan untuk menghitung pemampatan tanah yang terjadi.

3.11. Perhitungan Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar

Sebagai akibat terjadinya pemampatan tanah atau proses konsolidasi, lapisan tanah yang bersangkutan menjadi lebih padat yang berarti kekuatan tanah juga meningkat. Apabila proses peletakkan timbunan dilakukan secara bertahap, daya dukung tanah dasar meningkat pula secara bertahap. Dalam Tugas Akhir ini, kenaikan daya dukung tanah dasar dihitung akibat tinggi timbunan kritis, setengah tinggi awal timbunan (*preloading*), dan tinggi awal timbunan (*preloading*).

3.12. Analisa Stabilitas Lereng Timbunan

Analisa stabilitas lereng timbunan bertujuan untuk menentukan faktor aman (*safety factor*) dari bidang longsor. Analisa stabilitas lereng timbunan dilakukan dengan 2 kondisi, yaitu apabila muka air tanah rendah dan muka air tanah tinggi. Maksud dari muka air tanah tinggi adalah apabila ada keretakan pada timbunan. Ketika terjadi hujan, air akan masuk ke dalam celah dan tidak sempat mengalir sehingga memenuhi timbunan. Analisa stabilitas lereng timbunan pada Tugas Akhir ini menggunakan program Geoslope.

3.13. Perencanaan Perkuatan Lereng Timbunan

Perencanaan perkuatan lereng timbunan bertujuan untuk menjaga stabilitas timbunan di atas tanah lempung lunak. Dalam Tugas Akhir ini, perencanaan perkuatan lereng timbunan menggunakan *Geotextile Woven* yang berfungsi untuk menahan gaya tarik di dalam tanah (*reinforcement*) dan pemisah lapisan tanah dasar dengan tanah timbunan sehingga dapat mencegah terjadinya longsor pada timbunan.

3.14. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini, merupakan proses untuk menarik kesimpulan dan menuliskan saran dari apa saja yang dilakukan selama pengerjaan Tugas Akhir. Dasar pengambilan kesimpulan dan saran diantaranya adalah hasil analisa dan pembahasan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV DATA DAN ANALISA DATA

4.1. Data

4.1.1. Data Lapangan Penyelidikan Tanah Dasar

Data lapangan penyelidikan tanah dasar yang digunakan dalam Tugas Akhir ini berupa *Standard Penetration Test* (SPT) pada titik BH-01, BH-02, dan BH-03 (**Lampiran 1**) yang dilakukan oleh Geotechnical Engineering Consultant (GEC). Lokasi titik penyelidikan tanah dasar dapat dilihat pada **Gambar 4.1.**



Gambar 4.1. Lokasi Titik Penyelidikan Tanah Dasar
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)

4.1.2. Data Laboratorium Tanah Dasar

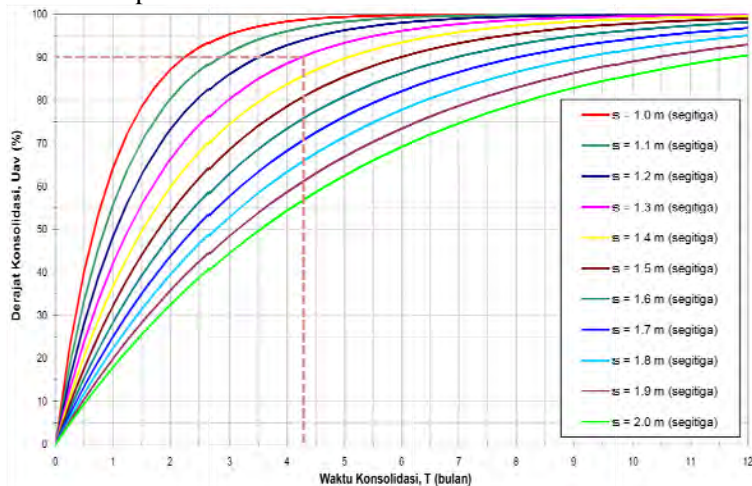
Parameter-parameter tanah dari titik BH-01, BH-02, dan BH-03 yang terdapat pada data laboratorium tanah dasar (**Lampiran 2**) nantinya akan dianalisa dengan metode statistik. Tujuan dari analisa dengan metode statistik adalah mencari kesamaan parameter-parameter tanah dari ketiga titik tersebut.

4.1.3. Data Perencanaan Awal

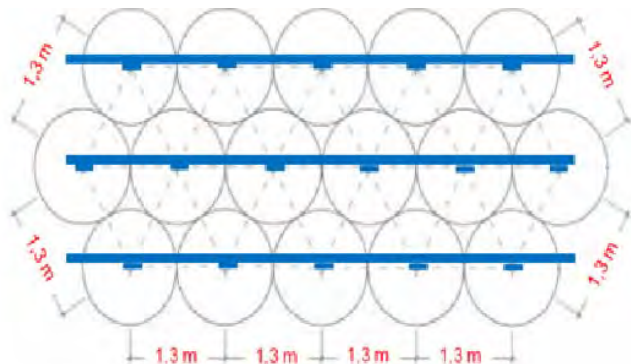
Data perencanaan awal berupa *layout* lokasi *trial embankment* beserta denah lokasi letak alat instrumen geoteknik dan potongannya sudah disajikan pada **Gambar 1.2.**, **1.3.**, **1.4.**, dan **1.5**. Data perencanaan awal juga meliputi data perencanaan *trial embankment* berupa tinggi awal timbunan (*preloading*), prediksi besar pemampatan tanah, perencanaan PVD dan PHD, serta kebutuhan *Geotextile* untuk perkuatan lereng timbunan di lokasi *trial embankment* yang dibuat oleh PT Teknindo Geosistem Unggul. Dari data perencanaan awal didapat :

- Geometri Timbunan
 - Tinggi timbunan yang direncanakan, HF = 3 m
 - Lebar timbunan = 100 m
- Tinggi Awal Timbunan (*Preloading*) dan Pemampatan Tanah
 - Tinggi awal timbunan (*preloading*), HI = 5 m
 - Pemampatan tanah, S_c = 1,4 m
- Waktu dan Derajat Konsolidasi
 - Waktu dan derajat konsolidasi disajikan dalam bentuk grafik pada **Gambar 4.2**. Dari grafik, dapat diketahui bahwa PVD dengan jarak 1,3 m membutuhkan waktu sekitar 4,2 bulan untuk mencapai derajat konsolidasi 90%. PVD dipasang sedalam 21 m.
- Rencana Pemasangan PHD pada Titik-Titik PVD
 - Berdasarkan perhitungan yang dibuat oleh PT Teknindo Geosistem Unggul, setiap 1 titik ujung PVD mengeluarkan air dengan debit rata-rata 1,98 x

10^{-7} m³/detik dan debit air maksimum 1 lajur PHD adalah $7,9 \times 10^{-6}$ m³/detik atau $0,8 \times 10^{-5}$ m³/detik. PHD dipasang sepanjang 115,2 m. Rencana pemasangan PHD pada titik-titik PVD dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.2. Grafik Waktu dan Derajat Konsolidasi
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)



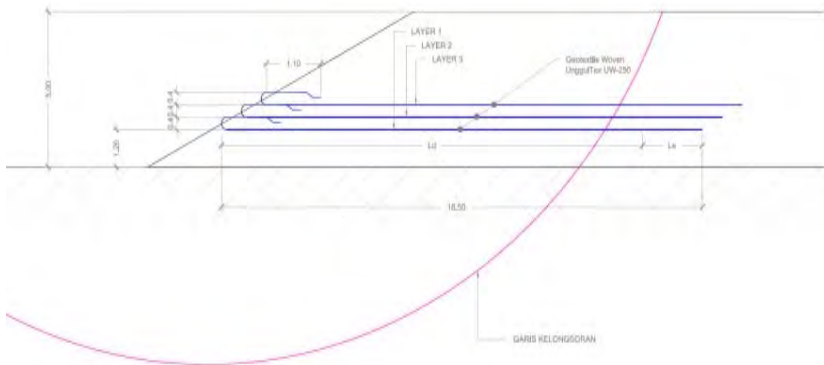
Gambar 4.3. Rencana Pemasangan PHD pada Titik-Titik PVD
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)

- Perkuatan Lereng Timbunan
Untuk merencanakan perkuatan lereng timbunan dengan *Geotextile*, dilakukan analisa *overall stability*. Perhitungan analisa *overall stability* dapat dilihat pada **Tabel 4.1.** dan detail pemasangan *Geotextile* dapat dilihat pada **Gambar 4.4.**

Tabel 4.1. Perhitungan Analisa Overall Stability

SF Min	Momen Resisten (KN-m)	Momen Dorong (KN-m)	SF Rencana	M.Resisten Rencana (KN-m)	Δ MR (KN-m)	Kekuatan Ijin Geotextile	Titik Pusat		R (m)	Perkuatan Geotextile 50 KN/m'	Keterangan
							X	Y			
1.025	3420	3336.59	1.1	3670.24	250.244	16.67	23.55	68.07	11.06	3	Cu tanah dasar belum meningkat-MAT rendah
1.055	11700	11090.05	1.1	12199.05	499.052	16.67	22.8	73.87	20.12	3	
0.965	205	212.44	1.1	233.68	28.6788	16.67	17.27	73.28	13.56	1	
0.557	1580	2836.62	1.1	3120.29	1540.29	16.67	18.9	83.9	23.93	5	Cu tanah dasar belum meningkat-MAT tinggi
0.888	9820	11058.56	1.1	12164.41	2344.41	16.67	22.8	73.87	20.12	10	
0.659	2960	4491.65	1.1	4940.82	1980.82	16.67	18.3	92.94	32.99	4	
1.206	4020	3333.33	1.1	3666.67	-353.33	16.67	23.55	68.07	11.06	0	Cu tanah dasar sudah meningkat-MAT rendah
1.242	13700	11030.60	1.1	12133.66	-1566.3	16.67	22.8	73.87	20.12	0	
1.195	6750	5648.54	1.1	6213.39	-536.61	16.67	24.11	69.67	13.99	0	
0.557	1580	2836.62	1.1	3120.29	1540.29	16.67	18.9	83.9	23.93	5	Cu tanah dasar sudah meningkat-MAT tinggi
1.071	11800	11017.74	1.1	12119.51	319.514	16.67	22.8	73.87	20.12	2	
0.659	2960	4491.65	1.1	4940.82	1980.82	16.67	18.3	92.94	32.99	4	

(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)



Gambar 4.4. Detail Pemasangan Geotextile
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)

- Spesifikasi Bahan
 1. PVD yang digunakan pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung adalah *CeTeau-Drain CT-D832* dengan spesifikasi :
 - Berat = 80 g/m
 - Lebar = 100 mm
 - Tebal = 5 mm
 2. PHD yang digunakan pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung adalah *CeTeau-Horizontal Strip Drain CT-SD100-20* dengan spesifikasi :
 - Lebar = 100 mm
 - Tebal = 20 mm
 - Kapasitas pengaliran = $2,4 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$
 3. *Geotextile* yang digunakan pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung adalah *Geotextile Woven Unggul Tex UW-250* dengan spesifikasi :
 - Massa = 250 g/m^2
 - Tebal = 0,7 mm
 - Kekuatan = 52 kN/m
(*tensile strength*)

Untuk lebih lengkapnya, spesifikasi bahan PVD, PHD, dan *Geotextile* dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

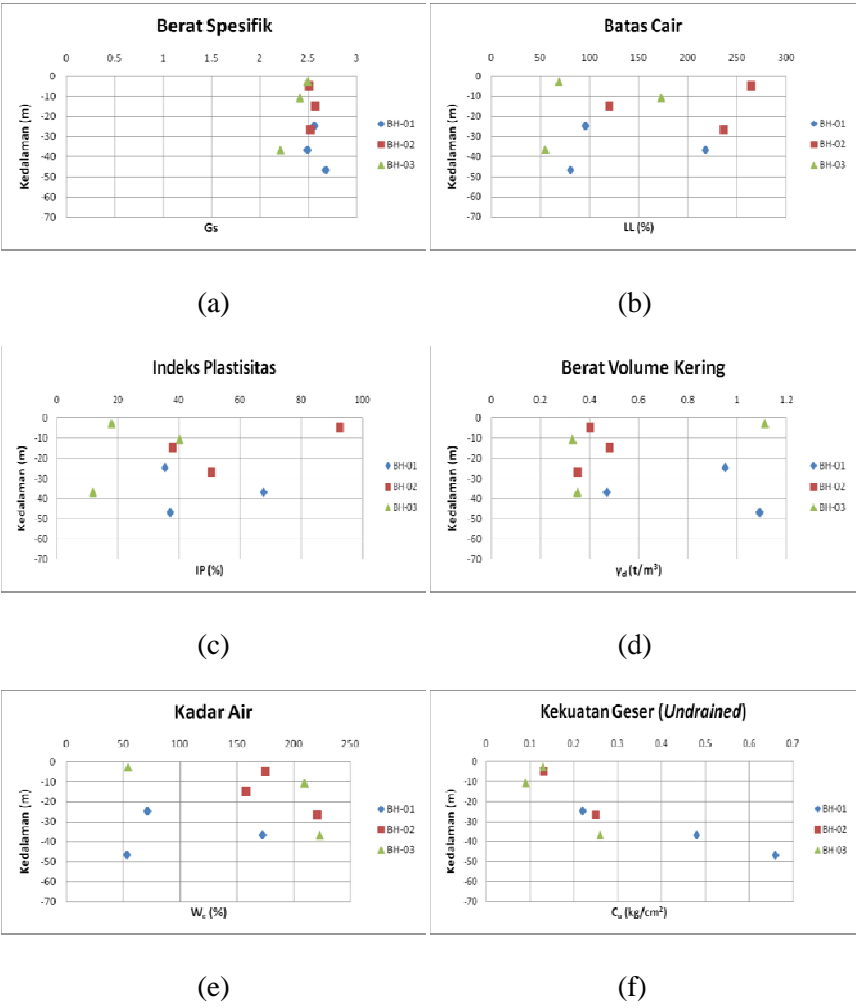
4.1.4. Data Hasil *Trial Embankment*

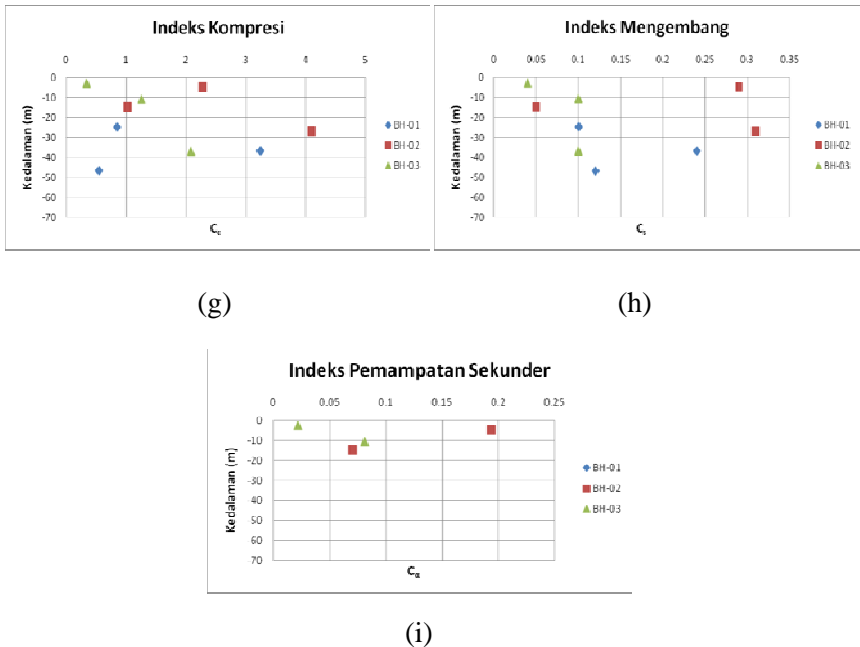
Hasil *trial embankment* yang digunakan untuk menentukan harga C_h hanya berdasarkan data *monitoring* dari *Settlement Plate*. Ada 9 titik *Settlement Plate* di lokasi *trial embankment* dan data *monitoring*-nya dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Dalam Tugas Akhir ini, harga C_h ditentukan dari data *monitoring Settlement Plate-01* saja karena memiliki data tinggi awal timbunan (*preloading*) yang konstan dan pemampatan tanah yang stabil.

4.2. Analisa Data

4.2.1. Analisa Parameter Tanah

Analisa parameter tanah dimulai dari memplotkan parameter-parameter tanah dari semua titik. Data plot parameter tanah di tiap kedalamannya dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.





Gambar 4.5. Data Plot Parameter Tanah (a) Berat Spesifik, (b) Batas Cair, (c) Indeks Plastisitas, (d) Berat Volume Kering, (e) Kadar Air, (f) Kekuatan Geser (*Undrained*), (g) Indeks Kompresi, (h) Indeks Mengembang, (i) Indeks Pemampatan Sekunder

Kemudian, data plot parameter tanah tersebut dikelompokkan berdasarkan jenis dan konsistensi tanahnya untuk dianalisa menggunakan Persamaan 3.1. Apabila terdapat data yang terlalu keluar atau jauh dari kelompok maka data tersebut dibuang. Hasil analisa parameter tanah dapat dilihat pada **Tabel 4.2.**

Tabel 4.2. Hasil Analisa Parameter Tanah

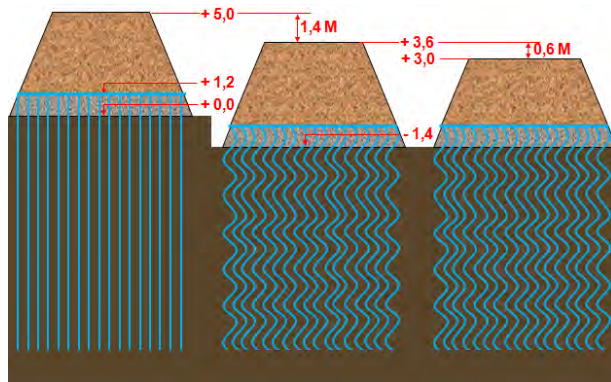
Kedalaman (m)	Keterangan	G _s	LL (%)	IP (%)	γ_{sat} (t/m ³)	W _L (%)	e ₀	C _u (kg/cm ²)	C _c	C _u	C _c
0 - 10	<i>Silty clay with some organic</i>	2.48	257.025	55.24	2.333	209.000	2.285	0.09	1.31	0.17	0.110
10 - 20	<i>Silty clay with some organic and sand</i>	2.48	257.025	36.05	1.251	209.000	5.123	0.09	1.25	0.08	0.076
20 - 30	<i>Silty clay with some organic</i>	2.48	108.010	36.05	2.060	216.963	2.815	0.22	1.25	0.21	*
30 - 40	<i>Silty clay with some organic and sand</i>	2.35	227.480	36.05	1.268	216.963	4.875	0.22	2.66	0.17	*
40 - 50	<i>Silty clay</i>	2.68	67.960	36.05	1.672	53.410	1.459	*	0.55	0.12	*

Berat volume jenuh (γ_{sat}) dan angka pori (e_0) pada **Tabel 4.2.** didapat dari persamaan hubungan antara berat volume, angka pori, kadar air, dan berat spesifik.

4.2.2. Analisa Data Perencanaan Awal

Berdasarkan data perencanaan awal yang dibuat oleh PT Teknindo Geosistem Unggul didapat :

- Simplifikasi Parameter Tanah
 - Kedalaman PVD = 21 m
 - Tanah kompresibel = 21 m
 - Drainage* = *One way*
 - Pemampatan = *Normally consolidation*
 - N SPT rata-rata = 2,85
 - γ_{sat} = 1,7 t/m³
 - e₀ = 1,43
 - LL = 53 %
 - C_c = 0,36
 - C_v rata-rata = 6,11 x 10⁻⁴ cm²/detik
 - C_h = 2 x C_v = 1,22 x 10⁻³ cm²/detik
- Pemampatan Tanah
 - Pemampatan tanah akibat beban *preloading* disajikan dalam skenario perbaikan tanah yang dapat dilihat pada **Gambar 4.6.**



Gambar 4.6. Skenario Perbaikan Tanah
(Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul, 2015)

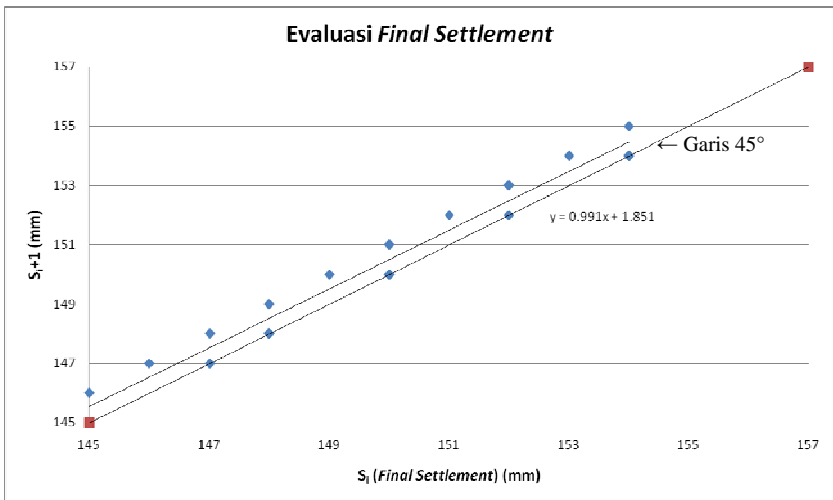
Dari analisa data perencanaan awal, dapat disimpulkan bahwa pada perencanaan awal *trial embankment* yang dibuat oleh PT Teknindo Geosistem Unggul menggunakan asumsi harga C_h sebesar dua kali harga C_v . Tanah diasumsikan sebagai *Normally Consolidation Soil* untuk menghasilkan tinggi awal timbunan (*preloading*) dan pemampatan tanah terkritis. Agar tinggi timbunan akhir sesuai dengan tinggi timbunan rencana, yaitu 3 m maka tinggi awal timbunan (*preloading*) direncanakan setinggi 5 m yang diharapkan menghasilkan pemampatan tanah sebesar 1,4 m dan tinggi timbunan yang harus dibongkar adalah 0,6 m.

4.2.3. Analisa Data Hasil *Trial Embankment*

Seperti yang sudah dibahas pada sub-bab sebelumnya bahwa dalam Tugas Akhir ini, harga C_h ditentukan dari data *monitoring Settlement Plate-01* saja karena memiliki data tinggi awal timbunan (*preloading*) yang konstan dan pemampatan tanah yang stabil. Hal ini bertujuan untuk keakuratan prediksi pemampatan tanah menggunakan metode ASAKA, mengingat metode ASAKA digunakan apabila data tinggi awal timbunan

(*preloading*) sudah sesuai rencana dan hasil pemampatan tanah yang stabil.

Dengan memplotkan sejumlah data (15 data yang memiliki tinggi awal timbunan (*preloading*) yang konstan dan menghasilkan pemampatan tanah yang stabil) yang mendekati hari terakhir pengambilan data (*monitoring*), kemudian menarik garis 45° dan perpotongan antara perpanjangan garis data dan 45° akan menghasilkan *final settlement* (**Gambar 4.7.**). Setelah *final settlement* didapat, langkah selanjutnya adalah mencari derajat konsolidasi aktual (U) dengan menggunakan Persamaan 2.43.



Gambar 4.7. Grafik Evaluasi Final Settlement

Berdasarkan grafik di atas, karena garis data belum memotong garis 45° maka untuk mencari *final settlement* digunakan persamaan yang terdapat dalam grafik sehingga didapat nilai *final settlement* sebesar 205,7 mm. Dari data *monitoring*, diketahui bahwa pemampatan tanah pada hari terakhir pengambilan data adalah 155 mm. Dengan membagi 155

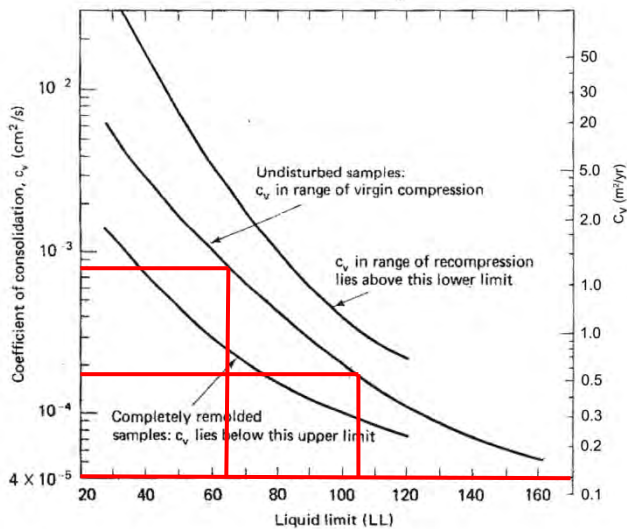
mm dengan 205,7 mm, didapatlah derajat konsolidasi aktual berdasarkan *Settlement Plate* sebesar 75%.

Dari analisa hasil *trial embankment*, dapat disimpulkan bahwa dengan tinggi awal timbunan (*preloading*) setinggi 2 m, menghasilkan pemampatan tanah sebesar 205,7 mm atau 0,205 m. Prediksi besar pemampatan tanah berdasarkan evaluasi *final settlement* menggunakan metode ASAOKA berbeda jauh dengan prediksi besar pemampatan tanah pada perencanaan awal *trial embankment* yang dibuat oleh PT Teknindo Geosistem Unggul. Hal ini dikarenakan tinggi awal timbunan (*preloading*) yang ditimbun di lapangan belum sesuai rencana, yaitu 5 m. Saat ini tinggi awal timbunan (*preloading*) masih setinggi 2 m sehingga menghasilkan prediksi pemampatan tanah yang kurang akurat.

4.2.4. Back Analysis untuk Mencari Harga C_h

Derajat konsolidasi aktual (U) yang dibahas pada sub-bab sebelumnya digunakan untuk mencari harga C_h . U menjadi U_h pada Persamaan 2.44. Dari persamaan tersebut, didapat faktor waktu konsolidasi arah horisontal, T_h , sebesar 0,4345 dengan nilai $F(n)$ sebesar 2,508. Nilai $F(n)$ didapat dari spesifikasi PVD yang digunakan di lapangan (CT-D832 dengan jarak 1,3 m) menggunakan Persamaan 2.33. Kemudian, dengan kurun waktu selama 6,5 bulan atau 0,542 tahun, C_h didapat sebesar 1,3249 $m^2/tahun$ menggunakan Persamaan 2.45.

Harga C_h yang didapat akan dibandingkan dengan harga C_v , tetapi karena tidak adanya harga C_v pada data laboratorium tanah dasar, harga C_v didapat dari grafik korelasi dengan batas cair (LL) seperti pada **Gambar 4.8**. Dari grafik tersebut, didapat harga C_v yang disajikan dalam **Tabel 4.3**.



Gambar 4.8. Grafik Korelasi Harga C_v dengan LL (After U.S. Navy, 1971)

Tabel 4.3. Harga C_v Berdasarkan Grafik Korelasi dengan LL

Kedalaman (m)	LL (%)	C_v (cm^2/detik)
0 - 10	257.025	0.00004
10 - 20	257.025	0.00004
20 - 30	108.010	0.00020
30 - 40	227.480	0.00004
40 - 50	67.960	0.00080

Untuk menentukan harga C_v , perlu dilakukan perhitungan C_v gabungan, namun harga C_v yang didapat terlalu kecil. Harga C_v untuk tanah lempung lunak yang bercampur dengan tanah organik seharusnya berkisar antara $2-10 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{detik}$ seperti yang terdapat pada **Tabel 4.4**. C_v pada kedalaman 40-50 m tidak bisa digunakan karena nilai SPTnya sudah melebihi angka 10.

Oleh karena itu, C_v yang digunakan adalah C_v pada kedalaman 20-30 m, yaitu $2 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{detik}$ atau $0,63 \text{ m}^2/\text{tahun}$. Dapat disimpulkan bahwa harga C_h ($1,3249 \text{ m}^2/\text{tahun}$) di lapangan sesungguhnya pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung adalah 2,1 dari harga C_v ($0,63 \text{ m}^2/\text{tahun}$).

Tabel 4.4. Tipikal Harga C_v untuk Variasi Jenis Tanah

Soil	c_v	
	$\text{cm}^2/\text{s}, \times 10^{-4}$	m^2/yr
Boston blue clay (CL) (Ladd and Lusher, 1965)	40 ± 20	12 ± 6
Organic silt (OH) (Lowe, Zaccheo, and Feldman, 1964)	2-10	0.6-3
Glacial lake clays (CL) (Wallace and Otto, 1964)	6.5-8.7	2.0-2.7
Chicago silty clay (CL) (Terzaghi and Peck, 1967)	8.5	2.7
Swedish medium sensitive clays (CL-CH) (Holtz and Broms, 1972)		
1. laboratory	0.4-0.7	0.1-0.2
2. field	0.7-3.0	0.2-1.0
San Francisco Bay Mud (CL)	2-4	0.6-1.2
Mexico City clay (MH) (Leonards and Girault, 1961)	0.9-1.5	0.3-0.5

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH DASAR JALAN AKSES

5.1. Perencanaan Beban *Preloading*

Dengan mengasumsikan beberapa harga q dan menggunakan parameter-parameter tanah pada **Tabel 4.2.**, dapat dicari besar pemampatan primer (S_c), tinggi awal timbunan (*preloading*) (HI), dan tinggi akhir timbunan (HF) seperti yang disajikan dalam **Tabel 5.1.**

Tabel 5.1. Perhitungan Pemampatan, HI, dan HF

q (t/m^2)	S_c Akibat Timbunan (m)	HI (m)	$H_{bongkar}$ Traffic (m)	Tebal Perkerasan Jalan (Pavement) (m)	S_c Akibat Perkerasan Jalan (Pavement) (m)	S_c Total (m)	HF (m)
5	1.500	4.357	0.51	0.4	0.3583	1.858	2.387
7	1.906	5.906	0.29	0.4	0.3578	2.264	3.750
9	2.261	7.404	0.11	0.4	0.3570	2.618	5.074
11	2.576	8.862	0.11	0.4	0.3562	2.932	6.217
13	2.860	10.289	0.11	0.4	0.3555	3.216	7.361

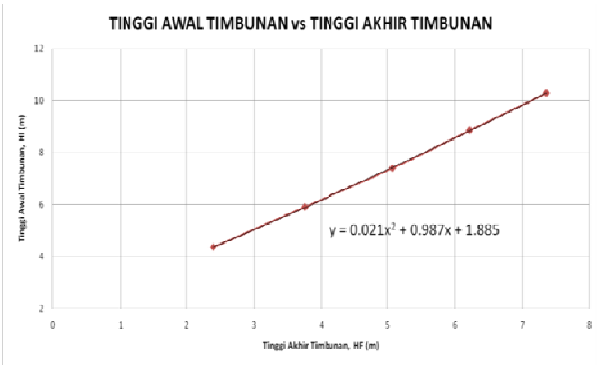
Untuk mendapatkan nilai tinggi awal timbunan (*preloading*) digunakan Persamaan 2.14, sedangkan nilai tinggi akhir timbunan digunakan Persamaan 2.16. Nilai tinggi timbunan yang dibongkar didapat dari **Gambar 2.6.** sebagai asumsi beban *traffic* yang tergantung dari tinggi timbunan. Semakin tinggi timbunan, semakin kecil pengaruh beban *traffic* terhadap pemampatan tanah. Hubungan antara tinggi awal timbunan (*preloading*) dengan pemampatan tanah dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti pada **Gambar 5.1.**, begitu pula dengan hubungan tinggi awal timbunan (*preloading*) dan tinggi akhir timbunan pada **Gambar 5.2.**

Dalam Tugas Akhir ini, tanah diasumsikan sebagai *Normally Consolidation Soil* karena memiliki angka pori (e_0) yang besar. Selain itu, kota Bandung dikelilingi oleh pengunungan yang mengakibatkan bentuk morfologi wilayahnya seperti mangkok raksasa (lembah) sehingga tanah belum pernah mengalami tekanan atau menerima beban yang lebih tinggi

dibanding saat ini. Perhitungan pemampatan tanah dilakukan sedalam tanah kompresibel ($N_{SPT} \leq 10$), yaitu 24 m. Untuk lebih jelasnya, perhitungan pemampatan tanah terdapat pada **Lampiran 5**.



Gambar 5.1. Grafik antara Tinggi Awal Timbunan dengan Pemampatan Tanah



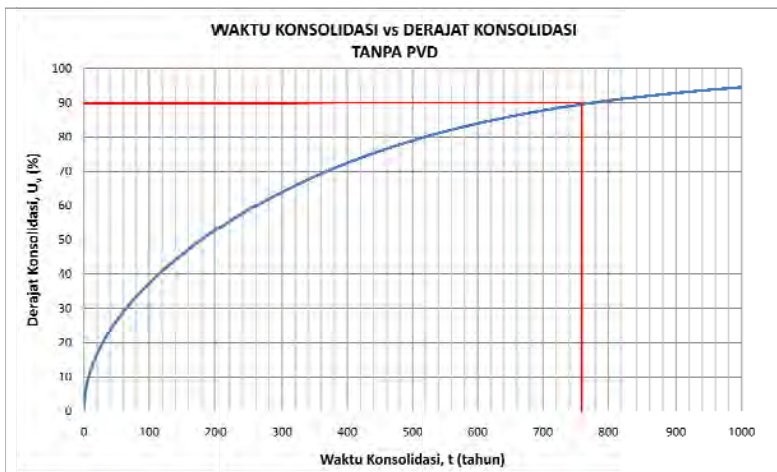
Gambar 5.2. Grafik antara Tinggi Awal Timbunan dengan Tinggi Akhir Timbunan

Pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung ini, tinggi timbunan rencana (tinggi akhir timbunan) adalah 3 m. Dengan grafik di atas, didapat tinggi awal timbunan (*preloading*) setinggi 5 m, pemampatan tanah sebesar 2,042 m, dan tinggi timbunan yang dibongkar setinggi 0,45 m.

5.2. Perencanaan PVD dan PHD

5.2.1. Perencanaan PVD

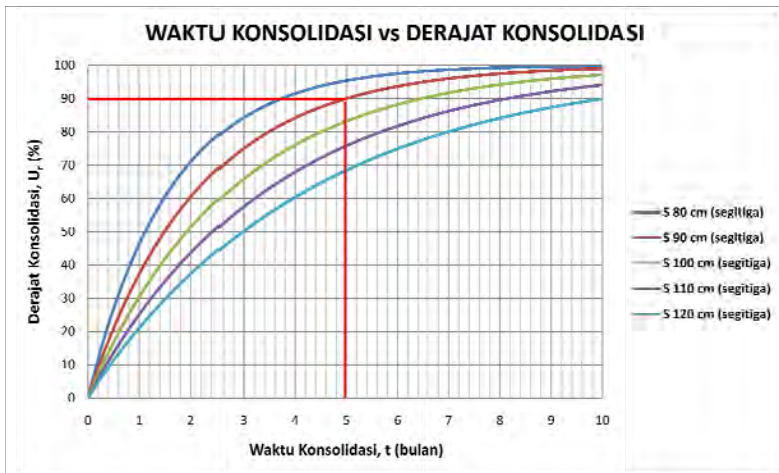
Seperti yang dibahas pada bab-bab sebelumnya bahwa karakteristik tanah lempung lunak memiliki pemampatan yang relatif besar dan lama. Hal ini terbukti pada **Gambar 5.3.** yang didapat dari perhitungan waktu konsolidasi tanah alami/tanpa PVD.



Gambar 5.3. Grafik Waktu Konsolidasi dengan Derajat Konsolidasi Tanpa PVD

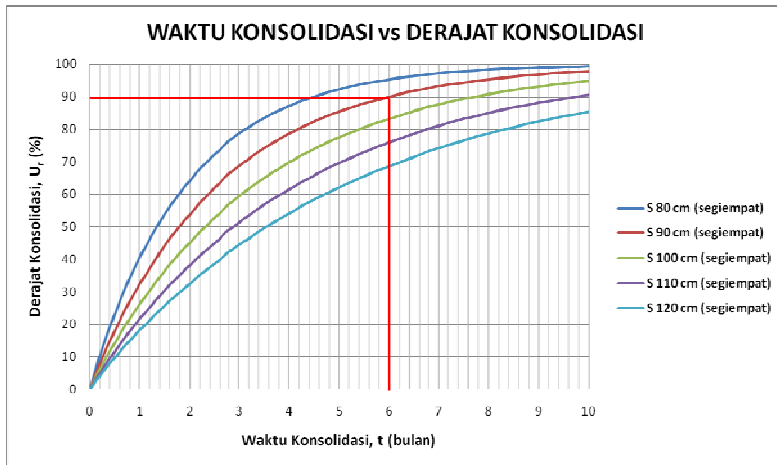
Berdasarkan grafik di atas, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi 90% adalah sekitar 770 tahun. Untuk itu, perlu dipasang PVD. Dengan adanya PVD,

pemampatan tanah dapat berlangsung sangat singkat. Untuk perencanaan PVD, dicoba menggunakan 2 pola pemasangan PVD, yaitu segitiga dan segiempat dengan 5 jarak yang berbeda. Dalam Tugas Akhir ini, direncanakan PVD CT-D832 dengan lebar 100 mm dan tebal 5 mm. Dari perhitungan derajat konsolidasi pola segitiga dan segiempat yang terdapat pada **Lampiran 5**, dapat dibuat grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi. Berikut perbandingan antara grafik PVD pola segitiga pada **Gambar 5.4.** dengan grafik PVD pola segiempat pada **Gambar 5.5.** :



Gambar 5.4. Grafik Waktu Konsolidasi dengan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segitiga

Waktu efektif penggunaan PVD adalah 4-6 bulan. Berdasarkan grafik di atas, jarak PVD 90 cm memerlukan waktu 5 bulan atau 20 minggu untuk mencapai derajat konsolidasi 90%.



Gambar 5.5. Grafik Waktu Konsolidasi dengan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segiempat

Sedangkan dengan jarak yang sama, pada pola segiempat dibutuhkan waktu 6 bulan atau 24 minggu untuk mencapai derajat konsolidasi 90%. Hal ini membuktikan bahwa pola pemasangan segitiga lebih efektif dibandingkan dengan pola segiempat. Jadi, untuk perencanaan PVD, digunakan jarak 90 cm dengan pola segitiga. Untuk lebih jelasnya, gambar rencana pemasangan PVD dapat dilihat pada **Lampiran 6**.

5.2.2. Perencanaan PHD

PHD menerima aliran vertikal air pori dari PVD. Untuk itu, perlu dilakukan perhitungan estimasi debit air pori yang keluar. Berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan 2.37, debit air pori vertikal rata-rata per m^2 tanah sebesar $1,576 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$. Untuk pemasangan PVD jarak 90 cm dengan pola segitiga, luas layanan 1 titik PVD sebesar $0,701 \text{ m}^2$. Artinya, setiap 1 titik ujung PVD mengalirkan air pori seluas $0,701 \text{ m}^2$ sehingga setiap 1 titik ujung PVD mengeluarkan air pori vertikal sebesar $1,105 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$.

Berikutnya, menghitung estimasi debit maksimum aliran air horisontal. PHD diletakkan pada *sand blanket* setinggi 1 m dengan lebar timbunan selebar 116 m. Diasumsikan air pori dari PHD menuju ke kanan dan kiri timbunan. Artinya, panjang maksimum 1 lajur PHD adalah 58 m dan melayani 64 titik PVD. Berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan 2.38, didapat debit maksimum 1 lajur PHD sebesar $7,119 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{detik}$ atau $0,7 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$. Jadi, debit maksimum PHD sebesar $1,4 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$. Dalam Tugas Akhir ini, direncanakan PHD CT-SD100-20 yang memiliki kapasitas pengaliran sebesar $2,4 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$ sepanjang 116 m per 128 titik PVD. Untuk lebih jelasnya, gambar rencana pemasangan PHD dapat dilihat pada **Lampiran 6**.

5.3. Perhitungan Pemampatan Sekunder

Dalam Tugas Akhir ini, dilakukan pula penyelidikan tentang pemampatan sekunder karena dari beberapa kenyataan pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung, walaupun waktu pemampatan primer sudah selesai, pemampatan masih terjadi dan cukup besar. Besar pemampatan sekunder dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.8. Berdasarkan perhitungan pemampatan sekunder 20 tahun kemudian pada **Lampiran 5**, tanah akan mengalami pemampatan sekunder sebesar 0,419 m dan masih memampat sebesar 2,879 cm/tahun. Artinya, sudah melebihi *rate of settlement* yang diizinkan, yaitu 2 cm/tahun. Oleh karena itu, dilakukan perencanaan ulang PVD. Berikut perhitungan *rate of settlement* dengan jarak PVD yang berbeda :

Tabel 5.2. Perhitungan *Rate of Settlement* dengan Jarak PVD yang Berbeda

Jarak PVD (m)	t_1 (tahun)	t_2 (tahun)	S_c (m)	S_s (m)	<i>Rate of Settlement</i> (cm/tahun)
0.9	3.1	20	0.143	0.419	2.879
0.85	2.7	20	0.102	0.448	2.819
0.8	2.3	20	0.061	0.479	2.772
0.75	2.15	20	0.041	0.498	2.763
0.7	2	20	0.020	0.514	2.739

Dengan memperdalam PVD dan memperkecil jarak PVD, diharapkan dapat memperkecil sisa pemampatan primer, tetapi pemampatan sekundernya sendiri sudah menghasilkan *rate of settlement* lebih dari 2 cm/tahun yang akan menyebabkan *differential settlement* dan dapat merusak perkerasan jalan (*pavement*). Pemampatan sekunder pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung cukup besar karena tanah dasarnya bercampur dengan tanah organik yang memiliki air pori besar. Solusinya adalah melakukan *overlay* atau perencanaan lapisan tambahan setiap 2 tahun setinggi 5 cm. Pada umumnya, *overlay* dilakukan setiap 3 tahun dengan tujuan *rate of settlement* yang dihasilkan tanah dasar tidak lebih dari 2 cm/tahun.

5.4. Perhitungan Tinggi Timbunan Kritis

Tinggi penimbunan di lapangan harus memperhatikan tinggi timbunan kritis yang masih mampu dipikul oleh tanah dasar. Perhitungan tinggi timbunan kritis menggunakan Persamaan 3.2. Nilai N_c untuk $\phi = 0$ (tanah lempung lunak memiliki nilai sudut geser dalam nol) adalah 5,14. Dengan C_u sebesar $0,9 \text{ t/m}^2$, N_c sebesar 5,14, γ_{timbunan} sebesar $1,75 \text{ t/m}^3$, dan faktor keamanan sebesar 1,2 maka didapat tinggi timbunan kritis setinggi 2,2 m.

5.5. Perencanaan Pentahapan Timbunan

Dari perhitungan perencanaan beban *preloading*, didapat tinggi awal timbunan (*preloading*) setinggi 5 m. Kecepatan pentahapan timbunan yang direncanakan adalah 0,5 m/minggu, sehingga tahapan timbunan yang dibutuhkan sebanyak 10 tahap. Umur timbunan hingga tahap penimbunan ke-10 dapat dilihat pada **Tabel 5.3**.

Tabel 5.3. Umur Timbunan hingga Tahap Penimbunan ke-10

Tinggi Timbunan (m)	Waktu (minggu)									
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
0.5	1 mg									
1	2 mg	1 mg								
1.5	3 mg	2 mg	1 mg							
2	4 mg	3 mg	2 mg	1 mg						
2.5	5 mg	4 mg	3 mg	2 mg	1 mg					
3	6 mg	5 mg	4 mg	3 mg	2 mg	1 mg				
3.5	7 mg	6 mg	5 mg	4 mg	3 mg	2 mg	1 mg			
4	8 mg	7 mg	6 mg	5 mg	4 mg	3 mg	2 mg	1 mg		
4.5	9 mg	8 mg	7 mg	6 mg	5 mg	4 mg	3 mg	2 mg	1 mg	
5	10 mg	9 mg	8 mg	7 mg	6 mg	5 mg	4 mg	3 mg	2 mg	1 mg

Dalam Tugas Akhir ini, direncanakan pentahapan timbunan selama 10 minggu, sedangkan untuk mencapai derajat konsolidasi 90% dibutuhkan waktu 20 minggu. Artinya, ada masa tunggu dalam pelaksanaan di lapangan. Penulis mempertimbangkan beberapa hal, yaitu :

1. Pekerjaan di lapangan belum tentu sesuai dengan perencanaan karena ada berbagai faktor, misalnya keterbatasan material dan faktor cuaca sehingga menghambat atau menunda proses penimbunan. Akibat menunda proses penimbunan, dikhawatirkan timbunan tidak sesuai tinggi rencana dan melebihi umur PVD sehingga penggunaannya menjadi tidak efektif.
2. Pekerjaan perbaikan tanah menggunakan metode *preloading* dengan PVD tidak lepas dari pekerjaan instrumentasi geoteknik. Alat instrumen geoteknik dapat membantu mengetahui besar pemampatan tanah yang sudah terjadi dan memprediksi kapan berakhirnya, mengetahui tekanan air pori dan derajat konsolidasi aktual serta memprediksi kemungkinan longsor akibat timbunan di atas tanah dengan cara di-*monitoring* secara rutin. Idealnya, *monitoring* alat instrumen geoteknik dilakukan apabila pekerjaan PVD, PHD, dan penimbunan sudah selesai atau pada masa tunggu sehingga didapatkan hasil yang akurat. Pertama, apabila timbunan belum sesuai tinggi rencana maka hasil prediksi pemampatan tanah kemungkinan tidak akurat.

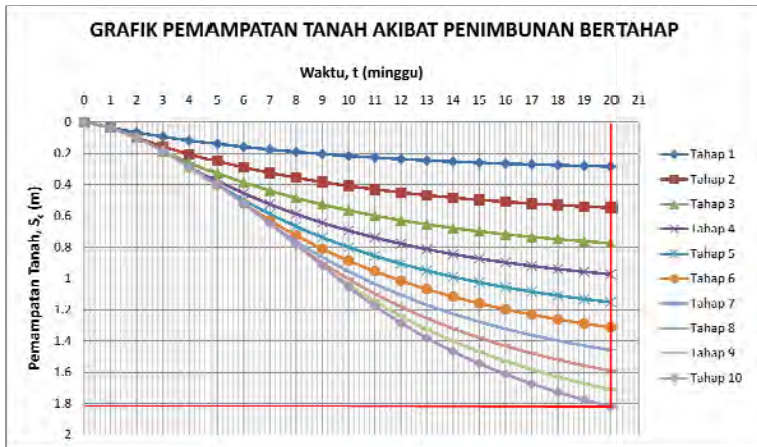
Kedua, apabila masih ada proses penimbunan maka ada beban tambahan yang diterima oleh tanah dasar, yaitu truk dengan membawa sirtu. Hal ini dapat menyebabkan tekanan air pori meningkat sehingga tidak dapat mengetahui derajat konsolidasi aktual untuk mengetahui waktu berakhirnya proses konsolidasi. Seperti yang diketahui bahwa selama proses konsolidasi tekanan air pori akan menurun.

Jadi, untuk menghindari hal-hal di atas maka direncanakan pentahapan timbunan tidak sampai dengan waktu konsolidasi 90%. Derajat konsolidasi pada tiap tahap penimbunan dapat dilihat pada **Tabel 5.4**.

Tabel 5.4. Derajat Konsolidasi pada Tiap Tahap Penimbunan

Tahap Penimbunan ke-	Tebal Timbunan (m)	Tinggi Timbunan (m)	Umur Timbunan (minggu)	U_r (%)
1	0.5	0.5	1	11.25
2	0.5	1	2	20.98
3	0.5	1.5	3	29.61
4	0.5	2	4	37.28
5	0.5	2.5	5	44.11
6	0.5	3	6	50.18
7	0.5	3.5	7	55.60
8	0.5	4	8	60.42
9	0.5	4.5	9	64.71
10	0.5	5	10	68.54

Kecepatan pentahapan timbunan yang direncanakan adalah 0,5 m/minggu, tetapi dalam pelaksanaan di lapangan akan dilakukan 2x pemadatan per minggunya sebesar 0,25 m. Akibat pentahapan timbunan dan pemadatan, tanah akan mengalami pemampatan. Perhitungan pemampatan tanah pada tiap tahap penimbunannya dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Adapun grafik pemampatan tanah hingga mencapai derajat konsolidasi 90% akibat penimbunan bertahap pada **Gambar 5.6**.



Gambar 5.6. Grafik Pemampatan Tanah akibat Penimbunan Bertahap

Berdasarkan grafik di atas, pemampatan tanah hingga mencapai derajat konsolidasi 90% atau 20 minggu adalah sebesar 1,819 m. Perhitungan pemampatan tanah akibat penimbunan bertahap tidak jauh beda dengan perhitungan pemampatan tanah berdasarkan perencanaan beban *preloading*, yaitu 2,042 m.

5.6. Perhitungan Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar

Berdasarkan perhitungan tinggi timbunan kritis, tinggi timbunan yang masih mampu dipikul oleh tanah dasar adalah 2,2 m maka pentahapan penimbunan untuk tahap 1 s.d. 4 dapat dilakukan secara menerus. Untuk tahap berikutnya, daya dukung tanah dasar harus cukup kuat memikul penimbunan berikutnya. Oleh karena itu, harus dilakukan pengecekan daya dukung tanah terlebih dahulu. Dalam Tugas Akhir ini, kenaikan daya dukung tanah dasar dihitung akibat tinggi timbunan kritis, setengah tinggi awal timbunan (*preloading*), dan tinggi awal timbunan (*preloading*).

5.6.1. Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar akibat Tinggi Timbunan Kritis

Kondisi penimbunan hingga tinggi timbunan setinggi 2,2 m atau tahap penimbunan ke-4 dapat dilihat pada **Tabel 5.5**.

Tabel 5.5. Kondisi Tahap Penimbunan ke-4

Tahap Penimbunan ke-	Tebal Timbunan (m)	Tinggi Timbunan (m)	Umur Timbunan (minggu)	U_r (%)
1	0.5	0.5	4	37.28
2	0.5	1	3	29.61
3	0.5	1.5	2	20.98
4	0.5	2	1	11.25

Akibat dari pentahapan timbunan, tanah dasar akan mengalami perubahan tegangan. Perhitungan perubahan tegangan dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Dengan Persamaan 2.21, nilai perubahan tegangan digunakan untuk mencari kenaikan daya dukung tanah dasar akibat tahap penimbunan ke-4 yang disajikan dalam **Tabel 5.6**.

Tabel 5.6. Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar akibat Tahap Penimbunan ke-4

Kedalaman (m)	IP (%)	Zona A	Zona C	Zona B
		C_u Lama (t/m^2)	C_u Baru (t/m^2)	C_u Transisi (t/m^2)
1	55.24	0.9	0.900	0.900
2	55.24	0.9	0.999	0.950
3	55.24	0.9	1.354	1.127
4	55.24	0.9	1.706	1.303
5	55.24	0.9	2.058	1.479
6	55.24	0.9	2.409	1.655
7	55.24	0.9	2.760	1.830
8	55.24	0.9	3.111	2.006
9	55.24	0.9	3.462	2.181
10	55.24	0.9	3.812	2.356
11	36.05	0.9	4.025	2.463
12	36.05	0.9	4.091	2.496
13	36.05	0.9	4.157	2.529
14	36.05	0.9	4.223	2.562
15	36.05	0.9	4.289	2.595
16	36.05	0.9	4.355	2.627
17	36.05	0.9	4.421	2.660
18	36.05	0.9	4.487	2.693
19	36.05	0.9	4.552	2.726
20	36.05	0.9	4.618	2.759
21	36.05	2.2	4.790	3.495
22	36.05	2.2	5.069	3.634
23	36.05	2.2	5.347	3.774
24	36.05	2.2	5.626	3.913

5.6.2. Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar akibat Setengah Tinggi Awal Timbunan (*Preloading*)

Kondisi penimbunan hingga tinggi timbunan setinggi 2,5 m atau tahap penimbunan ke-5 dapat dilihat pada **Tabel 5.7**.

Tabel 5.7. Kondisi Tahap Penimbunan ke-5

Tahap Penimbunan ke-	Tebal Timbunan (m)	Tinggi Timbunan (m)	Umur Timbunan (minggu)	U_r (%)
1	0.5	0.5	5	44.11
2	0.5	1	4	37.28
3	0.5	1.5	3	29.61
4	0.5	2	2	20.98
5	0.5	2.5	1	11.25

Akibat dari pentahapan timbunan, tanah dasar akan mengalami perubahan tegangan. Perhitungan perubahan tegangan dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Dengan Persamaan 2.21, nilai perubahan tegangan digunakan untuk mencari kenaikan daya dukung tanah dasar akibat tahap penimbunan ke-5 yang disajikan dalam **Tabel 5.8**.

Tabel 5.8. Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar akibat Tahap Penimbunan ke-5

Kedalaman (m)	IP (%)	Zona A	Zona C	Zona B
		C_u Lama (t/m^2)	C_u Baru (t/m^2)	C_u Transisi (t/m^2)
1	55.24	0.9	0.900	0.900
2	55.24	0.9	1.096	0.998
3	55.24	0.9	1.451	1.176
4	55.24	0.9	1.805	1.352
5	55.24	0.9	2.157	1.528
6	55.24	0.9	2.508	1.704
7	55.24	0.9	2.860	1.880
8	55.24	0.9	3.210	2.055
9	55.24	0.9	3.561	2.231
10	55.24	0.9	3.912	2.406
11	36.05	0.9	4.125	2.512
12	36.05	0.9	4.191	2.545
13	36.05	0.9	4.257	2.578
14	36.05	0.9	4.323	2.611
15	36.05	0.9	4.388	2.644
16	36.05	0.9	4.454	2.677
17	36.05	0.9	4.520	2.710
18	36.05	0.9	4.586	2.743
19	36.05	0.9	4.651	2.776
20	36.05	0.9	4.717	2.808
21	36.05	2.2	4.889	3.544
22	36.05	2.2	5.167	3.684
23	36.05	2.2	5.445	3.823
24	36.05	2.2	5.724	3.962

5.6.3. Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar akibat Tinggi Awal Timbunan (*Preloading*)

Kondisi penimbunan hingga tinggi timbunan setinggi 5 m atau tahap penimbunan ke-10 dapat dilihat pada **Tabel 5.9**.

Tabel 5.9. Kondisi Tahap Penimbunan ke-10

Tahap Penimbunan ke-	Tebal Timbunan (m)	Tinggi Timbunan (m)	Umur Timbunan (minggu)	U _i (%)
1	0.5	0.5	10	68.54
2	0.5	1	9	64.71
3	0.5	1.5	8	60.42
4	0.5	2	7	55.60
5	0.5	2.5	6	50.18
6	0.5	3	5	44.11
7	0.5	3.5	4	37.28
8	0.5	4	3	29.61
9	0.5	4.5	2	20.98
10	0.5	5	1	11.25

Akibat dari pentahapan timbunan, tanah dasar akan mengalami perubahan tegangan. Perhitungan perubahan tegangan dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Dengan Persamaan 2.21, nilai perubahan tegangan digunakan untuk mencari kenaikan daya dukung tanah dasar akibat tahap penimbunan ke-10 yang disajikan dalam **Tabel 5.10**.

Tabel 5.10. Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar akibat Tahap Penimbunan ke-10

Kedalaman (m)	IP (%)	Zona A	Zona C	Zona B
		C _i Lama (t/m ²)	C _i Baru (t/m ²)	C _i Transisi (t/m ²)
1	55.24	0.9	1.269	1.084
2	55.24	0.9	1.771	1.335
3	55.24	0.9	2.128	1.514
4	55.24	0.9	2.482	1.691
5	55.24	0.9	2.835	1.868
6	55.24	0.9	3.187	2.044
7	55.24	0.9	3.539	2.219
8	55.24	0.9	3.890	2.395
9	55.24	0.9	4.241	2.570
10	55.24	0.9	4.591	2.746
11	36.05	0.9	4.805	2.852
12	36.05	0.9	4.870	2.885
13	36.05	0.9	4.935	2.917
14	36.05	0.9	5.000	2.950
15	36.05	0.9	5.065	2.982
16	36.05	0.9	5.129	3.015
17	36.05	0.9	5.193	3.047
18	36.05	0.9	5.258	3.079
19	36.05	0.9	5.322	3.111
20	36.05	0.9	5.386	3.143
21	36.05	2.2	5.556	3.878
22	36.05	2.2	5.832	4.016
23	36.05	2.2	6.109	4.154
24	36.05	2.2	6.385	4.292

5.7. Perencanaan Perkuatan Lereng Timbunan

Perencanaan perkuatan lereng timbunan bertujuan untuk menjaga stabilitas timbunan di atas tanah lempung lunak. Sebelum merencanakan perkuatan lereng timbunan, dilakukan analisa stabilitas lereng timbunan terlebih dahulu yang bertujuan untuk menentukan faktor aman (*safety factor*) dari bidang longsor serta menghindari penundaan proses penimbunan. Analisa stabilitas lereng timbunan menggunakan program Geoslope dengan asumsi timbunan sudah pemampat. Dalam Tugas Akhir ini, analisa stabilitas lereng timbunan dilakukan dengan 2 kondisi, yaitu apabila muka air tanah rendah dan muka air tanah tinggi. Maksud dari muka air tanah tinggi adalah apabila ada keretakan pada timbunan. Ketika terjadi hujan, air akan masuk ke dalam celah dan tidak sempat mengalir sehingga memenuhi timbunan.

5.7.1. Kondisi Pertama (Muka Air Tanah Rendah)

Setelah dilakukan analisa stabilitas lereng timbunan sebanyak 5x, didapat pula nilai *safety factor* sebanyak 5 untuk masing-masing kenaikan daya dukung tanah dasar yang sudah dihitung sebelumnya. Masing-masing nilai *safety factor* disajikan dalam Tabel 5.11., Tabel 5.12., dan Tabel 5.13.

Tabel 5.11. *Safety Factor* Kondisi Pertama pada Tahap Penimbunan ke-4

SF Geoslope	Momen Resistan (kNm)	Titik Pusat		Radius (m)	SF Rencana	Keterangan
		X	Y			
1.741	871.68	56.446	29.320	7.286	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.773	796.53	56.706	29.170	6.983	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.770	803.19	56.680	29.184	7.010	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.749	868.35	56.834	29.310	7.273	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.758	836.73	56.249	29.251	7.147	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>

Tabel 5.12. *Safety Factor* Kondisi Pertama pada Tahap Penimbunan ke-5

SF Geoslope	Momen Resistan (kNm)	Titik Pusat		Radius (m)	SF Rencana	Keterangan
		X	Y			
1.606	912.38	55.086	29.641	7.994	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.681	897.64	55.593	29.504	7.716	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.646	913.47	55.464	29.572	7.855	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.702	915.44	55.843	29.504	7.716	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.600	879.17	54.207	29.709	8.133	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>

Tabel 5.13. *Safety Factor* Kondisi Pertama pada Tahap Penimbunan ke-10

SF Geoslope	Momen Resistan (kNm)	Titik Pusat		Radius (m)	SF Rencana	Keterangan
		X	Y			
1.416	2168.00	55.530	30.448	8.753	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.431	3145.40	56.278	30.908	10.176	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.422	2087.80	55.802	30.412	8.645	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.424	1985.90	56.543	30.400	8.608	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.418	2015.80	56.489	30.416	8.657	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>

Berdasarkan ketiga tabel di atas, apabila kondisi muka air tanah rendah, tidak diperlukan perkuatan lereng timbunan dengan *Geotextile*. Nilai *safety factor* masih berada di bawah *safety factor* rencana, yaitu 1,2.

5.7.2. Kondisi Kedua (Muka Air Tanah Tinggi)

Sama halnya dengan kondisi pertama, setelah dilakukan analisa stabilitas lereng timbunan sebanyak 5x, didapat pula nilai *safety factor* sebanyak 5 untuk masing-masing kenaikan daya dukung tanah dasar yang sudah dihitung sebelumnya. Masing-masing nilai *safety factor* disajikan dalam Tabel 5.14., Tabel 5.15., dan Tabel 5.16.

Tabel 5.14. *Safety Factor* Kondisi Kedua pada Tahap Penimbunan ke-4

SF Geoslope	Momen Resistan (kNm)	Titik Pusat		Radius (m)	SF Rencana	Keterangan
		X	Y			
1.550	703.31	56.680	29.184	7.010	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.538	776.79	56.395	29.333	7.314	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.545	790.69	56.943	29.360	7.369	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.549	736.35	56.150	29.252	7.148	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.534	818.34	56.640	29.415	7.480	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>

Tabel 5.15. *Safety Factor* Kondisi Kedua pada Tahap Penimbunan ke-5

SF Geoslope	Momen Resistan (kNm)	Titik Pusat		Radius (m)	SF Rencana	Keterangan
		X	Y			
1.443	739.87	55.722	29.436	7.577	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.414	754.64	55.593	29.504	7.716	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.387	769.81	55.464	29.572	7.855	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.363	785.24	55.336	29.641	7.994	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.542	1462.10	56.037	34.401	12.380	1.2	Tidak butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>

Tabel 5.16. *Safety Factor* Kondisi Kedua pada Tahap Penimbunan ke-10

SF Geoslope	Momen Resistan (kNm)	Titik Pusat		Radius (m)	SF Rencana	Keterangan
		X	Y			
1.030	1374.10	56.262	30.337	8.416	1.2	Butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.060	3196.90	55.895	35.832	14.120	1.2	Butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.073	2749.40	56.588	35.336	13.316	1.2	Butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.056	1325.60	56.817	30.322	8.369	1.2	Butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>
1.071	2808.50	56.493	35.401	13.401	1.2	Butuh perkuatan dengan <i>Geotextile</i>

Berdasarkan ketiga tabel di atas, apabila kondisi muka air tanah tinggi, daya dukung tanah dasar akibat tahap penimbunan ke-4 dan 5 masih mampu memikul timbunan di atasnya sehingga tidak diperlukan perkuatan lereng timbunan dengan *Geotextile*. Sedangkan, daya dukung tanah dasar akibat tahap penimbunan ke-10 sudah tidak dapat memikul timbunan di atasnya apabila kondisi muka air tanah tinggi sehingga diperlukan perkuatan lereng timbunan.

Dari analisa stabilitas lereng timbunan dengan 2 kondisi di atas, dapat disimpulkan bahwa peningkatan daya dukung tanah dasar dan tinggi muka air tanah berpengaruh terhadap kelongsoran. Dalam Tugas Akhir ini, direncanakan *Geotextile Woven* Unggul Tex UW-250 yang memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 52 kN/m dengan jarak pemasangan 0,25 m. Adapun rekap kebutuhan *Geotextile* yang disajikan dalam **Tabel 5.17.**

Tabel 5.17. Rekap Kebutuhan *Geotextile*

SF Geoslope	Momen Resistan (kNm)	Momen Dorong (kNm)	Titik Pusat		Radius (m)	SF Rencana	Momen Resistan Rencana (kNm)	Δ MR (kNm)	Kebutuhan <i>Geotextile</i>
			X	Y					
1.030	1374.10	1334.08	56.262	30.337	8.416	1.2	1600.89	226.79	3
1.060	3196.90	3015.94	55.895	35.832	14.120	1.2	3619.13	422.23	3
1.073	2749.40	2562.35	56.588	35.336	13.316	1.2	3074.82	325.42	3
1.056	1325.60	1255.30	56.817	30.322	8.369	1.2	1506.36	180.76	3
1.071	2808.50	2622.32	56.493	35.401	13.401	1.2	3146.78	338.28	3

Dari semua *safety factor* di atas, kebutuhan *Geotextile* yang dibutuhkan berjumlah 3 lembar maka dipilihlah SF = 1,060 yang memiliki garis kelongsoran terkritis. Untuk gambar *output* bidang longsor dan detail pemasangan *Geotextile* dapat dilihat pada **Lampiran 6**, sedangkan perhitungan perencanaan perkuatan lereng timbunan dengan *Geotextile*, dapat dilihat pada **Lampiran 5**.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERHITUNGAN PEMAMPATAN TANAH AKIBAT TIMBUNAN

Asumsi : $\gamma_{\text{timbunan}} = 1,75 \text{ t/m}^3$ $a = 5,714 \text{ m}$
 $q = 5 \text{ t/m}^2$ $b = 50 \text{ m}$

Lapisan	H (m)	a (m)	b (m)	Z (m)	e_0	C_c	γ_{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	γ'_{xH} (t/m ²)	σ'_{a} (t/m ²)	σ_c (t/m ²)	OCR	NC/OC Soil	a/z	b/z	2 x I	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_{\text{a}} + \Delta\sigma$ (t/m ²)	S_c (m)	ΣS_c (m)
1	1	5.714	50	0.5	2.285	1.31	2.333	2.333	2.333	1.166	1.166	1	NC Soil	11.429	100	1	5	6.166	0.288	0.288
2	1	5.714	50	1.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	2.999	2.999	1	NC Soil	3.810	33.333	1	5	7.999	0.170	0.458
3	1	5.714	50	2.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	4.332	4.332	1	NC Soil	2.286	20.000	1	5	9.332	0.133	0.591
4	1	5.714	50	3.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	5.665	5.665	1	NC Soil	1.633	14.286	1	5	10.665	0.110	0.701
5	1	5.714	50	4.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	6.998	6.998	1	NC Soil	1.270	11.111	1	5	11.998	0.093	0.794
6	1	5.714	50	5.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	8.331	8.331	1	NC Soil	1.039	9.091	1	5	13.331	0.081	0.876
7	1	5.714	50	6.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	9.664	9.664	1	NC Soil	0.879	7.692	1	5	14.664	0.072	0.948
8	1	5.714	50	7.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	10.997	10.997	1	NC Soil	0.762	6.667	1	5	15.997	0.065	1.013
9	1	5.714	50	8.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	12.330	12.330	1	NC Soil	0.672	5.882	1	5	17.330	0.059	1.072
10	1	5.714	50	9.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	13.663	13.663	1	NC Soil	0.602	5.263	1	5	18.663	0.054	1.126
11	1	5.714	50	10.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	14.455	14.455	1	NC Soil	0.544	4.762	1	5	19.455	0.026	1.152
12	1	5.714	50	11.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	14.707	14.707	1	NC Soil	0.497	4.348	1	5	19.707	0.026	1.178
13	1	5.714	50	12.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	14.958	14.958	1	NC Soil	0.457	4.000	1	5	19.958	0.026	1.204
14	1	5.714	50	13.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.210	15.210	1	NC Soil	0.423	3.704	1	5	20.210	0.025	1.229
15	1	5.714	50	14.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.461	15.461	1	NC Soil	0.394	3.448	0.99	4.95	20.411	0.025	1.253
16	1	5.714	50	15.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.712	15.712	1	NC Soil	0.369	3.226	0.99	4.95	20.662	0.024	1.278
17	1	5.714	50	16.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.964	15.964	1	NC Soil	0.346	3.030	0.99	4.95	20.914	0.024	1.302
18	1	5.714	50	17.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	16.215	16.215	1	NC Soil	0.327	2.857	0.98	4.90	21.115	0.023	1.325
19	1	5.714	50	18.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	16.467	16.467	1	NC Soil	0.309	2.703	0.98	4.90	21.367	0.023	1.348
20	1	5.714	50	19.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	16.718	16.718	1	NC Soil	0.293	2.564	0.98	4.90	21.618	0.023	1.371
21	1	5.714	50	20.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	17.374	17.374	1	NC Soil	0.279	2.439	0.96	4.80	22.174	0.035	1.406
22	1	5.714	50	21.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	18.434	18.434	1	NC Soil	0.266	2.326	0.96	4.80	23.234	0.033	1.439
23	1	5.714	50	22.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	19.495	19.495	1	NC Soil	0.254	2.222	0.96	4.80	24.295	0.031	1.470
24	1	5.714	50	23.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	20.555	20.555	1	NC Soil	0.243	2.128	0.96	4.80	25.355	0.030	1.500

PERHITUNGAN PEMAMPATAN TANAH AKIBAT PERKERASAN JALAN (*PAVEMENT*)

Asumsi : $H_I = 4,357 \text{ m}$ $x = 50 \text{ m}$
 $q = 0,88 \text{ t/m}^2$ $y = \infty$

Lapisan	Z (m)	σ'_0 (t/m ²)	σ_c (t/m ²)	OCR	NC/OC Soil	n x/z	m y/z	4 x I	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_0 + \Delta\sigma$ (t/m ²)	S_c (m)	ΣS_c (m)
1	4.857	1.166	1.166	1	NC Soil	10.295	∞	1	0.875	2.041	0.0969	0.0969
2	5.857	2.999	2.999	1	NC Soil	8.537	∞	1	0.875	3.874	0.0443	0.1413
3	6.857	4.332	4.332	1	NC Soil	7.292	∞	1	0.875	5.207	0.0319	0.1731
4	7.857	5.665	5.665	1	NC Soil	6.364	∞	1	0.875	6.540	0.0249	0.1980
5	8.857	6.998	6.998	1	NC Soil	5.645	∞	1	0.875	7.873	0.0204	0.2184
6	9.857	8.331	8.331	1	NC Soil	5.073	∞	1	0.875	9.206	0.0173	0.2357
7	10.857	9.664	9.664	1	NC Soil	4.605	∞	1	0.875	10.539	0.0150	0.2507
8	11.857	10.997	10.997	1	NC Soil	4.217	∞	0.996	0.872	11.869	0.0132	0.2639
9	12.857	12.330	12.330	1	NC Soil	3.889	∞	0.992	0.868	13.198	0.0118	0.2757
10	13.857	13.663	13.663	1	NC Soil	3.608	∞	0.992	0.868	14.531	0.0107	0.2864
11	14.857	14.455	14.455	1	NC Soil	3.365	∞	0.988	0.865	15.320	0.0051	0.2915
12	15.857	14.707	14.707	1	NC Soil	3.153	∞	0.988	0.865	15.571	0.0051	0.2966
13	16.857	14.958	14.958	1	NC Soil	2.966	∞	0.984	0.861	15.819	0.0050	0.3016
14	17.857	15.210	15.210	1	NC Soil	2.800	∞	0.984	0.861	16.071	0.0049	0.3064
15	18.857	15.461	15.461	1	NC Soil	2.652	∞	0.984	0.861	16.322	0.0048	0.3112
16	19.857	15.712	15.712	1	NC Soil	2.518	∞	0.980	0.858	16.570	0.0047	0.3160
17	20.857	15.964	15.964	1	NC Soil	2.397	∞	0.972	0.851	16.814	0.0046	0.3206
18	21.857	16.215	16.215	1	NC Soil	2.288	∞	0.968	0.847	17.062	0.0045	0.3251
19	22.857	16.467	16.467	1	NC Soil	2.188	∞	0.964	0.844	17.310	0.0044	0.3295
20	23.857	16.718	16.718	1	NC Soil	2.096	∞	0.960	0.840	17.558	0.0043	0.3338
21	24.857	17.374	17.374	1	NC Soil	2.012	∞	0.960	0.840	18.214	0.0067	0.3406
22	25.857	18.434	18.434	1	NC Soil	1.934	∞	0.952	0.833	19.267	0.0063	0.3469
23	26.857	19.495	19.495	1	NC Soil	1.862	∞	0.944	0.826	20.321	0.0059	0.3528
24	27.857	20.555	20.555	1	NC Soil	1.795	∞	0.936	0.819	21.374	0.0056	0.3583

PERHITUNGAN PEMAMPATAN TANAH AKIBAT TIMBUNAN

Asumsi : $\gamma_{\text{timbunan}} = 1,75 \text{ t/m}^3$ $a = 8 \text{ m}$
 $q = 7 \text{ t/m}^2$ $b = 50 \text{ m}$

Lapisan	H (m)	a (m)	b (m)	Z (m)	e_0	C_c	γ_{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	γ'_{xH} (t/m ²)	σ'_{o} (t/m ²)	σ_c (t/m ²)	OCR	NC/OC Soil	a/z	b/z	2 x I	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_{\text{o}} + \Delta\sigma$ (t/m ²)	S_c (m)	ΣS_c (m)
1	1	8	50	0.5	2.285	1.31	2.333	2.333	2.333	1.166	1.166	1	NC Soil	16	100	1	7	8.166	0.337	0.337
2	1	8	50	1.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	2.999	2.999	1	NC Soil	5.333	33.333	1	7	9.999	0.209	0.546
3	1	8	50	2.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	4.332	4.332	1	NC Soil	3.200	20.000	1	7	11.332	0.167	0.712
4	1	8	50	3.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	5.665	5.665	1	NC Soil	2.286	14.286	1	7	12.665	0.139	0.851
5	1	8	50	4.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	6.998	6.998	1	NC Soil	1.778	11.111	1	7	13.998	0.120	0.972
6	1	8	50	5.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	8.331	8.331	1	NC Soil	1.455	9.091	1	7	15.331	0.106	1.077
7	1	8	50	6.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	9.664	9.664	1	NC Soil	1.231	7.692	1	7	16.664	0.094	1.172
8	1	8	50	7.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	10.997	10.997	1	NC Soil	1.067	6.667	1	7	17.997	0.085	1.257
9	1	8	50	8.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	12.330	12.330	1	NC Soil	0.941	5.882	1	7	19.330	0.078	1.335
10	1	8	50	9.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	13.663	13.663	1	NC Soil	0.842	5.263	1	7	20.663	0.072	1.406
11	1	8	50	10.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	14.455	14.455	1	NC Soil	0.762	4.762	1	7	21.455	0.035	1.441
12	1	8	50	11.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	14.707	14.707	1	NC Soil	0.696	4.348	1	7	21.707	0.035	1.476
13	1	8	50	12.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	14.958	14.958	1	NC Soil	0.640	4.000	1	7	21.958	0.034	1.510
14	1	8	50	13.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.210	15.210	1	NC Soil	0.593	3.704	1	7	22.210	0.034	1.544
15	1	8	50	14.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.461	15.461	1	NC Soil	0.552	3.448	0.99	6.93	22.391	0.033	1.576
16	1	8	50	15.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.712	15.712	1	NC Soil	0.516	3.226	0.99	6.93	22.642	0.032	1.609
17	1	8	50	16.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.964	15.964	1	NC Soil	0.485	3.030	0.99	6.93	22.894	0.032	1.641
18	1	8	50	17.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	16.215	16.215	1	NC Soil	0.457	2.857	0.98	6.86	23.075	0.031	1.672
19	1	8	50	18.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	16.467	16.467	1	NC Soil	0.432	2.703	0.98	6.86	23.327	0.031	1.703
20	1	8	50	19.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	16.718	16.718	1	NC Soil	0.410	2.564	0.98	6.86	23.578	0.030	1.733
21	1	8	50	20.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	17.374	17.374	1	NC Soil	0.390	2.439	0.96	6.72	24.094	0.047	1.780
22	1	8	50	21.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	18.434	18.434	1	NC Soil	0.372	2.326	0.96	6.72	25.154	0.044	1.824
23	1	8	50	22.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	19.495	19.495	1	NC Soil	0.356	2.222	0.96	6.72	26.215	0.042	1.866
24	1	8	50	23.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	20.555	20.555	1	NC Soil	0.340	2.128	0.96	6.72	27.275	0.040	1.906

PERHITUNGAN PEMAMPATAN TANAH AKIBAT PERKERASAN JALAN (*PAVEMENT*)

Asumsi : $H_I = 5,906 \text{ m}$ $x = 50 \text{ m}$
 $q = 0,88 \text{ t/m}^2$ $y = \infty$

Lapisan	Z (m)	σ'_0 (t/m ²)	σ_c (t/m ²)	OCR	NC/OC Soil	n x/z	m y/z	4 x I	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_0 + \Delta\sigma$ (t/m ²)	S_c (m)	ΣS_c (m)
1	6.406	1.166	1.166	1	NC Soil	7.805	∞	1	0.875	2.041	0.0969	0.0969
2	7.406	2.999	2.999	1	NC Soil	6.751	∞	1	0.875	3.874	0.0443	0.1413
3	8.406	4.332	4.332	1	NC Soil	5.948	∞	1	0.875	5.207	0.0319	0.1731
4	9.406	5.665	5.665	1	NC Soil	5.315	∞	1	0.875	6.540	0.0249	0.1980
5	10.406	6.998	6.998	1	NC Soil	4.805	∞	1	0.875	7.873	0.0204	0.2184
6	11.406	8.331	8.331	1	NC Soil	4.383	∞	1	0.875	9.206	0.0173	0.2357
7	12.406	9.664	9.664	1	NC Soil	4.030	∞	1	0.875	10.539	0.0150	0.2507
8	13.406	10.997	10.997	1	NC Soil	3.730	∞	0.992	0.868	11.865	0.0132	0.2639
9	14.406	12.330	12.330	1	NC Soil	3.471	∞	0.988	0.865	13.195	0.0117	0.2756
10	15.406	13.663	13.663	1	NC Soil	3.245	∞	0.988	0.865	14.528	0.0106	0.2862
11	16.406	14.455	14.455	1	NC Soil	3.048	∞	0.988	0.865	15.320	0.0051	0.2914
12	17.406	14.707	14.707	1	NC Soil	2.872	∞	0.984	0.861	15.568	0.0050	0.2964
13	18.406	14.958	14.958	1	NC Soil	2.716	∞	0.984	0.861	15.819	0.0050	0.3014
14	19.406	15.210	15.210	1	NC Soil	2.576	∞	0.980	0.858	16.067	0.0049	0.3063
15	20.406	15.461	15.461	1	NC Soil	2.450	∞	0.976	0.854	16.315	0.0048	0.3110
16	21.406	15.712	15.712	1	NC Soil	2.336	∞	0.972	0.851	16.563	0.0047	0.3157
17	22.406	15.964	15.964	1	NC Soil	2.231	∞	0.968	0.847	16.811	0.0046	0.3203
18	23.406	16.215	16.215	1	NC Soil	2.136	∞	0.964	0.844	17.059	0.0045	0.3248
19	24.406	16.467	16.467	1	NC Soil	2.049	∞	0.960	0.840	17.307	0.0044	0.3292
20	25.406	16.718	16.718	1	NC Soil	1.968	∞	0.952	0.833	17.551	0.0043	0.3335
21	26.406	17.374	17.374	1	NC Soil	1.893	∞	0.944	0.826	18.200	0.0066	0.3401
22	27.406	18.434	18.434	1	NC Soil	1.824	∞	0.944	0.826	19.260	0.0062	0.3463
23	28.406	19.495	19.495	1	NC Soil	1.760	∞	0.936	0.819	20.314	0.0059	0.3522
24	29.406	20.555	20.555	1	NC Soil	1.700	∞	0.936	0.819	21.374	0.0056	0.3578

PERHITUNGAN PEMAMPATAN TANAH AKIBAT TIMBUNAN

Asumsi : $\gamma_{\text{timbunan}} = 1,75 \text{ t/m}^3$ $a = 10,286 \text{ m}$
 $q = 9 \text{ t/m}^2$ $b = 50 \text{ m}$

Lapisan	H (m)	a (m)	b (m)	Z (m)	e_0	C_c	γ_{sat} (t/m^3)	γ' (t/m^3)	$\gamma' \times H$ (t/m^2)	σ'_0 (t/m^2)	σ'_c (t/m^2)	OCR	NC/OC Soil	a/Z	b/Z	2 x I	$\Delta\sigma$ (t/m^2)	$\sigma'_0 + \Delta\sigma$ (t/m^2)	S_c (m)	ΣS_c (m)
1	1	10.286	50	0.5	2.285	1.31	2.333	2.333	2.333	1.166	1.166	1	NC Soil	20.571	100	1	9	10.166	0.375	0.375
2	1	10.286	50	1.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	2.999	2.999	1	NC Soil	6.857	33.333	1	9	11.999	0.240	0.615
3	1	10.286	50	2.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	4.332	4.332	1	NC Soil	4.114	20.000	1	9	13.332	0.195	0.810
4	1	10.286	50	3.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	5.665	5.665	1	NC Soil	2.939	14.286	1	9	14.665	0.165	0.975
5	1	10.286	50	4.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	6.998	6.998	1	NC Soil	2.286	11.111	1	9	15.998	0.143	1.118
6	1	10.286	50	5.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	8.331	8.331	1	NC Soil	1.870	9.091	1	9	17.331	0.127	1.245
7	1	10.286	50	6.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	9.664	9.664	1	NC Soil	1.582	7.692	1	9	18.664	0.114	1.359
8	1	10.286	50	7.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	10.997	10.997	1	NC Soil	1.371	6.667	1	9	19.997	0.104	1.462
9	1	10.286	50	8.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	12.330	12.330	1	NC Soil	1.210	5.882	1	9	21.330	0.095	1.557
10	1	10.286	50	9.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	13.663	13.663	1	NC Soil	1.083	5.263	1	9	22.663	0.088	1.645
11	1	10.286	50	10.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	14.455	14.455	1	NC Soil	0.980	4.762	1	9	23.455	0.043	1.688
12	1	10.286	50	11.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	14.707	14.707	1	NC Soil	0.894	4.348	1	9	23.707	0.042	1.730
13	1	10.286	50	12.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	14.958	14.958	1	NC Soil	0.823	4.000	1	9	23.958	0.042	1.772
14	1	10.286	50	13.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.210	15.210	1	NC Soil	0.762	3.704	1	9	24.210	0.041	1.813
15	1	10.286	50	14.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.461	15.461	1	NC Soil	0.709	3.448	0.99	8.91	24.371	0.040	1.853
16	1	10.286	50	15.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.712	15.712	1	NC Soil	0.664	3.226	0.99	8.91	24.622	0.040	1.893
17	1	10.286	50	16.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.964	15.964	1	NC Soil	0.623	3.030	0.99	8.91	24.874	0.039	1.932
18	1	10.286	50	17.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	16.215	16.215	1	NC Soil	0.588	2.857	0.98	8.82	25.035	0.039	1.971
19	1	10.286	50	18.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	16.467	16.467	1	NC Soil	0.556	2.703	0.98	8.82	25.287	0.038	2.009
20	1	10.286	50	19.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	16.718	16.718	1	NC Soil	0.527	2.564	0.98	8.82	25.538	0.038	2.047
21	1	10.286	50	20.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	17.374	17.374	1	NC Soil	0.502	2.439	0.96	8.64	26.014	0.057	2.104
22	1	10.286	50	21.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	18.434	18.434	1	NC Soil	0.478	2.326	0.96	8.64	27.074	0.055	2.159
23	1	10.286	50	22.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	19.495	19.495	1	NC Soil	0.457	2.222	0.96	8.64	28.135	0.052	2.211
24	1	10.286	50	23.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	20.555	20.555	1	NC Soil	0.438	2.128	0.96	8.64	29.195	0.050	2.261

PERHITUNGAN PEMAMPATAN TANAH AKIBAT PERKERASAN JALAN (*PAVEMENT*)

Asumsi : $H_I = 7,404 \text{ m}$ $x = 50 \text{ m}$
 $q = 0,88 \text{ t/m}^2$ $y = \infty$

Lapisan	Z (m)	σ'_0 (t/m ²)	σ_c (t/m ²)	OCR	NC/OC Soil	n x/Z	m y/Z	4 x I	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_0 + \Delta\sigma$ (t/m ²)	S_c (m)	ΣS_c (m)
1	7.904	1.166	1.166	1	NC Soil	6.326	∞	1	0.875	2.041	0.0969	0.0969
2	8.904	2.999	2.999	1	NC Soil	5.616	∞	1	0.875	3.874	0.0443	0.1413
3	9.904	4.332	4.332	1	NC Soil	5.049	∞	1	0.875	5.207	0.0319	0.1731
4	10.904	5.665	5.665	1	NC Soil	4.586	∞	1	0.875	6.540	0.0249	0.1980
5	11.904	6.998	6.998	1	NC Soil	4.200	∞	1	0.875	7.873	0.0204	0.2184
6	12.904	8.331	8.331	1	NC Soil	3.875	∞	0.992	0.868	9.199	0.0172	0.2356
7	13.904	9.664	9.664	1	NC Soil	3.596	∞	0.992	0.868	10.532	0.0149	0.2505
8	14.904	10.997	10.997	1	NC Soil	3.355	∞	0.988	0.865	11.862	0.0131	0.2636
9	15.904	12.330	12.330	1	NC Soil	3.144	∞	0.988	0.865	13.195	0.0117	0.2753
10	16.904	13.663	13.663	1	NC Soil	2.958	∞	0.984	0.861	14.524	0.0106	0.2859
11	17.904	14.455	14.455	1	NC Soil	2.793	∞	0.984	0.861	15.316	0.0051	0.2910
12	18.904	14.707	14.707	1	NC Soil	2.645	∞	0.984	0.861	15.568	0.0050	0.2961
13	19.904	14.958	14.958	1	NC Soil	2.512	∞	0.980	0.858	15.816	0.0049	0.3010
14	20.904	15.210	15.210	1	NC Soil	2.392	∞	0.976	0.854	16.064	0.0048	0.3059
15	21.904	15.461	15.461	1	NC Soil	2.283	∞	0.968	0.847	16.308	0.0047	0.3106
16	22.904	15.712	15.712	1	NC Soil	2.183	∞	0.964	0.844	16.556	0.0046	0.3152
17	23.904	15.964	15.964	1	NC Soil	2.092	∞	0.960	0.840	16.804	0.0045	0.3198
18	24.904	16.215	16.215	1	NC Soil	2.008	∞	0.960	0.840	17.055	0.0045	0.3243
19	25.904	16.467	16.467	1	NC Soil	1.930	∞	0.952	0.833	17.300	0.0044	0.3286
20	26.904	16.718	16.718	1	NC Soil	1.858	∞	0.944	0.826	17.544	0.0043	0.3329
21	27.904	17.374	17.374	1	NC Soil	1.792	∞	0.936	0.819	18.193	0.0066	0.3395
22	28.904	18.434	18.434	1	NC Soil	1.730	∞	0.936	0.819	19.253	0.0062	0.3456
23	29.904	19.495	19.495	1	NC Soil	1.672	∞	0.928	0.812	20.307	0.0058	0.3514
24	30.904	20.555	20.555	1	NC Soil	1.618	∞	0.928	0.812	21.367	0.0055	0.3570

PERHITUNGAN PEMAMPATAN TANAH AKIBAT TIMBUNAN

Asumsi : $\gamma_{\text{timbunan}} = 1,75 \text{ t/m}^3$ $a = 12,571 \text{ m}$
 $q = 11 \text{ t/m}^2$ $b = 50 \text{ m}$

Lapisan	H (m)	a (m)	b (m)	Z (m)	e_0	C_c	γ_{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	$\gamma' \times H$ (t/m ²)	σ'_0 (t/m ²)	σ'_c (t/m ²)	OCR	NC/OC Soil	a/Z	b/Z	2 x I	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_0 + \Delta\sigma$ (t/m ²)	S_c (m)	ΣS_c (m)
1	1	12.571	50	0.5	2.285	1.31	2.333	2.333	2.333	1.166	1.166	1	NC Soil	25.143	100	1	11	12.166	0.406	0.406
2	1	12.571	50	1.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	2.999	2.999	1	NC Soil	8.381	33.333	1	11	13.999	0.267	0.673
3	1	12.571	50	2.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	4.332	4.332	1	NC Soil	5.029	20.000	1	11	15.332	0.219	0.892
4	1	12.571	50	3.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	5.665	5.665	1	NC Soil	3.592	14.286	1	11	16.665	0.187	1.079
5	1	12.571	50	4.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	6.998	6.998	1	NC Soil	2.794	11.111	1	11	17.998	0.164	1.242
6	1	12.571	50	5.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	8.331	8.331	1	NC Soil	2.286	9.091	1	11	19.331	0.146	1.388
7	1	12.571	50	6.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	9.664	9.664	1	NC Soil	1.934	7.692	1	11	20.664	0.132	1.520
8	1	12.571	50	7.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	10.997	10.997	1	NC Soil	1.676	6.667	1	11	21.997	0.120	1.640
9	1	12.571	50	8.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	12.330	12.330	1	NC Soil	1.479	5.882	1	11	23.330	0.110	1.750
10	1	12.571	50	9.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	13.663	13.663	1	NC Soil	1.323	5.263	1	11	24.663	0.102	1.853
11	1	12.571	50	10.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	14.455	14.455	1	NC Soil	1.197	4.762	1	11	25.455	0.050	1.903
12	1	12.571	50	11.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	14.707	14.707	1	NC Soil	1.093	4.348	1	11	25.707	0.050	1.952
13	1	12.571	50	12.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	14.958	14.958	1	NC Soil	1.006	4.000	1	11	25.958	0.049	2.001
14	1	12.571	50	13.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.210	15.210	1	NC Soil	0.931	3.704	1	11	26.210	0.048	2.049
15	1	12.571	50	14.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.461	15.461	1	NC Soil	0.867	3.448	0.99	10.89	26.351	0.047	2.097
16	1	12.571	50	15.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.712	15.712	1	NC Soil	0.811	3.226	0.99	10.89	26.602	0.047	2.143
17	1	12.571	50	16.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.964	15.964	1	NC Soil	0.762	3.030	0.99	10.89	26.854	0.046	2.189
18	1	12.571	50	17.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	16.215	16.215	1	NC Soil	0.718	2.857	0.98	10.78	26.995	0.045	2.235
19	1	12.571	50	18.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	16.467	16.467	1	NC Soil	0.680	2.703	0.98	10.78	27.247	0.045	2.279
20	1	12.571	50	19.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	16.718	16.718	1	NC Soil	0.645	2.564	0.98	10.78	27.498	0.044	2.323
21	1	12.571	50	20.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	17.374	17.374	1	NC Soil	0.613	2.439	0.96	10.56	27.934	0.068	2.391
22	1	12.571	50	21.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	18.434	18.434	1	NC Soil	0.585	2.326	0.96	10.56	28.994	0.064	2.455
23	1	12.571	50	22.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	19.495	19.495	1	NC Soil	0.559	2.222	0.96	10.56	30.055	0.062	2.517
24	1	12.571	50	23.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	20.555	20.555	1	NC Soil	0.535	2.128	0.96	10.56	31.115	0.059	2.576

PERHITUNGAN PEMAMPATAN TANAH AKIBAT PERKERASAN JALAN (*PAVEMENT*)

Asumsi : $H_I = 8,862 \text{ m}$ $x = 50 \text{ m}$
 $q = 0,88 \text{ t/m}^2$ $y = \infty$

Lapisan	Z (m)	σ'_0 (t/m ²)	σ_c (t/m ²)	OCR	NC/OC Soil	n x/z	m y/z	4 x I	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_0 + \Delta\sigma$ (t/m ²)	S_c (m)	ΣS_c (m)
1	9.362	1.166	1.166	1	NC Soil	5.341	∞	1	0.875	2.041	0.0969	0.0969
2	10.362	2.999	2.999	1	NC Soil	4.825	∞	1	0.875	3.874	0.0443	0.1413
3	11.362	4.332	4.332	1	NC Soil	4.401	∞	1	0.875	5.207	0.0319	0.1731
4	12.362	5.665	5.665	1	NC Soil	4.045	∞	1	0.875	6.540	0.0249	0.1980
5	13.362	6.998	6.998	1	NC Soil	3.742	∞	0.992	0.868	7.866	0.0203	0.2183
6	14.362	8.331	8.331	1	NC Soil	3.481	∞	0.988	0.865	9.196	0.0171	0.2354
7	15.362	9.664	9.664	1	NC Soil	3.255	∞	0.988	0.865	10.529	0.0148	0.2502
8	16.362	10.997	10.997	1	NC Soil	3.056	∞	0.988	0.865	11.862	0.0131	0.2633
9	17.362	12.330	12.330	1	NC Soil	2.880	∞	0.984	0.861	13.191	0.0117	0.2750
10	18.362	13.663	13.663	1	NC Soil	2.723	∞	0.984	0.861	14.524	0.0106	0.2856
11	19.362	14.455	14.455	1	NC Soil	2.582	∞	0.980	0.858	15.313	0.0051	0.2907
12	20.362	14.707	14.707	1	NC Soil	2.456	∞	0.976	0.854	15.561	0.0050	0.2957
13	21.362	14.958	14.958	1	NC Soil	2.341	∞	0.972	0.851	15.809	0.0049	0.3006
14	22.362	15.210	15.210	1	NC Soil	2.236	∞	0.968	0.847	16.057	0.0048	0.3054
15	23.362	15.461	15.461	1	NC Soil	2.140	∞	0.964	0.844	16.305	0.0047	0.3101
16	24.362	15.712	15.712	1	NC Soil	2.052	∞	0.960	0.840	16.552	0.0046	0.3147
17	25.362	15.964	15.964	1	NC Soil	1.971	∞	0.952	0.833	16.797	0.0045	0.3192
18	26.362	16.215	16.215	1	NC Soil	1.897	∞	0.952	0.833	17.048	0.0044	0.3237
19	27.362	16.467	16.467	1	NC Soil	1.827	∞	0.944	0.826	17.293	0.0043	0.3280
20	28.362	16.718	16.718	1	NC Soil	1.763	∞	0.936	0.819	17.537	0.0042	0.3323
21	29.362	17.374	17.374	1	NC Soil	1.703	∞	0.936	0.819	18.193	0.0066	0.3388
22	30.362	18.434	18.434	1	NC Soil	1.647	∞	0.928	0.812	19.246	0.0061	0.3449
23	31.362	19.495	19.495	1	NC Soil	1.594	∞	0.920	0.805	20.300	0.0058	0.3507
24	32.362	20.555	20.555	1	NC Soil	1.545	∞	0.920	0.805	21.360	0.0055	0.3562

PERHITUNGAN PEMAMPATAN TANAH AKIBAT TIMBUNAN

Asumsi : $\gamma_{\text{timbunan}} = 1,75 \text{ t/m}^3$ $a = 14,857 \text{ m}$
 $q = 13 \text{ t/m}^2$ $b = 50 \text{ m}$

Lapisan	H (m)	a (m)	b (m)	Z (m)	e_0	C_c	γ_{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	$\gamma' \times H$ (t/m ²)	σ'_0 (t/m ²)	σ'_c (t/m ²)	OCR	NC/OC Soil	a/Z	b/Z	2 x I	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_0 + \Delta\sigma$ (t/m ²)	S_c (m)	ΣS_c (m)
1	1	14.857	50	0.5	2.285	1.31	2.333	2.333	2.333	1.166	1.166	1	NC Soil	29.714	100	1	13	14.166	0.432	0.432
2	1	14.857	50	1.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	2.999	2.999	1	NC Soil	9.905	33.333	1	13	15.999	0.290	0.722
3	1	14.857	50	2.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	4.332	4.332	1	NC Soil	5.943	20.000	1	13	17.332	0.240	0.963
4	1	14.857	50	3.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	5.665	5.665	1	NC Soil	4.245	14.286	1	13	18.665	0.207	1.169
5	1	14.857	50	4.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	6.998	6.998	1	NC Soil	3.302	11.111	1	13	19.998	0.182	1.351
6	1	14.857	50	5.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	8.331	8.331	1	NC Soil	2.701	9.091	1	13	21.331	0.163	1.514
7	1	14.857	50	6.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	9.664	9.664	1	NC Soil	2.286	7.692	1	13	22.664	0.148	1.661
8	1	14.857	50	7.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	10.997	10.997	1	NC Soil	1.981	6.667	1	13	23.997	0.135	1.797
9	1	14.857	50	8.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	12.330	12.330	1	NC Soil	1.748	5.882	1	13	25.330	0.125	1.921
10	1	14.857	50	9.5	2.285	1.31	2.333	1.333	1.333	13.663	13.663	1	NC Soil	1.564	5.263	1	13	26.663	0.116	2.037
11	1	14.857	50	10.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	14.455	14.455	1	NC Soil	1.415	4.762	1	13	27.455	0.057	2.094
12	1	14.857	50	11.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	14.707	14.707	1	NC Soil	1.292	4.348	1	13	27.707	0.056	2.150
13	1	14.857	50	12.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	14.958	14.958	1	NC Soil	1.189	4.000	1	13	27.958	0.055	2.206
14	1	14.857	50	13.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.210	15.210	1	NC Soil	1.101	3.704	1	13	28.210	0.055	2.260
15	1	14.857	50	14.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.461	15.461	1	NC Soil	1.025	3.448	0.99	12.87	28.331	0.054	2.314
16	1	14.857	50	15.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.712	15.712	1	NC Soil	0.959	3.226	0.99	12.87	28.582	0.053	2.367
17	1	14.857	50	16.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	15.964	15.964	1	NC Soil	0.900	3.030	0.99	12.87	28.834	0.052	2.419
18	1	14.857	50	17.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	16.215	16.215	1	NC Soil	0.849	2.857	0.98	12.74	28.955	0.051	2.471
19	1	14.857	50	18.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	16.467	16.467	1	NC Soil	0.803	2.703	0.98	12.74	29.207	0.051	2.522
20	1	14.857	50	19.5	5.123	1.25	1.251	0.251	0.251	16.718	16.718	1	NC Soil	0.762	2.564	0.98	12.74	29.458	0.050	2.572
21	1	14.857	50	20.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	17.374	17.374	1	NC Soil	0.725	2.439	0.96	12.48	29.854	0.077	2.649
22	1	14.857	50	21.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	18.434	18.434	1	NC Soil	0.691	2.326	0.96	12.48	30.914	0.074	2.722
23	1	14.857	50	22.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	19.495	19.495	1	NC Soil	0.660	2.222	0.96	12.48	31.975	0.070	2.793
24	1	14.857	50	23.5	2.815	1.25	2.060	1.060	1.060	20.555	20.555	1	NC Soil	0.632	2.128	0.96	12.48	33.035	0.068	2.860

PERHITUNGAN PEMAMPATAN TANAH AKIBAT PERKERASAN JALAN (*PAVEMENT*)

Asumsi : $H_I = 10,289 \text{ m}$ $x = 50 \text{ m}$
 $q = 0,88 \text{ t/m}^2$ $y = \infty$

Lapisan	Z (m)	σ'_0 (t/m ²)	σ_c (t/m ²)	OCR	NC/OC Soil	n x/z	m y/z	4 x I	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_0 + \Delta\sigma$ (t/m ²)	S_c (m)	ΣS_c (m)
1	10.789	1.166	1.166	1	NC Soil	4.634	∞	1	0.875	2.041	0.0969	0.0969
2	11.789	2.999	2.999	1	NC Soil	4.241	∞	0.996	0.872	3.871	0.0442	0.1411
3	12.789	4.332	4.332	1	NC Soil	3.910	∞	0.992	0.868	5.200	0.0316	0.1727
4	13.789	5.665	5.665	1	NC Soil	3.626	∞	0.992	0.868	6.533	0.0247	0.1974
5	14.789	6.998	6.998	1	NC Soil	3.381	∞	0.988	0.868	7.866	0.0203	0.2177
6	15.789	8.331	8.331	1	NC Soil	3.167	∞	0.988	0.865	9.196	0.0171	0.2348
7	16.789	9.664	9.664	1	NC Soil	2.978	∞	0.984	0.865	10.529	0.0148	0.2496
8	17.789	10.997	10.997	1	NC Soil	2.811	∞	0.984	0.861	11.858	0.0131	0.2627
9	18.789	12.330	12.330	1	NC Soil	2.661	∞	0.984	0.861	13.191	0.0117	0.2744
10	19.789	13.663	13.663	1	NC Soil	2.527	∞	0.980	0.861	14.524	0.0106	0.2850
11	20.789	14.455	14.455	1	NC Soil	2.405	∞	0.976	0.858	15.313	0.0051	0.2901
12	21.789	14.707	14.707	1	NC Soil	2.295	∞	0.968	0.854	15.561	0.0050	0.2951
13	22.789	14.958	14.958	1	NC Soil	2.194	∞	0.964	0.847	15.805	0.0049	0.3000
14	23.789	15.210	15.210	1	NC Soil	2.102	∞	0.964	0.844	16.053	0.0048	0.3047
15	24.789	15.461	15.461	1	NC Soil	2.017	∞	0.960	0.844	16.305	0.0047	0.3094
16	25.789	15.712	15.712	1	NC Soil	1.939	∞	0.952	0.840	16.552	0.0046	0.3141
17	26.789	15.964	15.964	1	NC Soil	1.866	∞	0.952	0.833	16.797	0.0045	0.3186
18	27.789	16.215	16.215	1	NC Soil	1.799	∞	0.944	0.833	17.048	0.0044	0.3230
19	28.789	16.467	16.467	1	NC Soil	1.737	∞	0.944	0.826	17.293	0.0043	0.3274
20	29.789	16.718	16.718	1	NC Soil	1.678	∞	0.928	0.826	17.544	0.0043	0.3316
21	30.789	17.374	17.374	1	NC Soil	1.624	∞	0.928	0.812	18.186	0.0065	0.3381
22	31.789	18.434	18.434	1	NC Soil	1.573	∞	0.920	0.812	19.246	0.0061	0.3443
23	32.789	19.495	19.495	1	NC Soil	1.525	∞	0.920	0.805	20.300	0.0058	0.3500
24	33.789	20.555	20.555	1	NC Soil	1.480	∞	0.916	0.805	21.360	0.0055	0.3555

PERHITUNGAN DERAJAT KONSOLIDASI PVD POLA SEGITIGA

$$C_v = 0,63 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad S = 80 \text{ cm} \quad d_w = 5,25 \text{ cm}$$

$$C_h = 1,3249 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad D = 84 \text{ cm} \quad F(n) = 2,023$$

t (bulan)	T_v	U_v (%)	x	U_h (%)	U_r (%)
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.00002	0.53507	0.15260	14.15292	14.61226
0.5	0.00004	0.75670	0.30521	26.30279	26.86046
0.75	0.00007	0.92676	0.45781	36.73310	37.31944
1	0.00009	1.07013	0.61041	45.68722	46.26844
1.25	0.00011	1.19645	0.76301	53.37406	53.93192
1.5	0.00013	1.31064	0.91562	59.97299	60.49761
1.75	0.00016	1.41565	1.06822	65.63799	66.12443
2	0.00018	1.51340	1.22082	70.50121	70.94765
2.25	0.00020	1.60520	1.37342	74.67616	75.08265
2.5	0.00022	1.69203	1.52603	78.26022	78.62806
2.75	0.00025	1.77462	1.67863	81.33703	81.66823
3	0.00027	1.85353	1.83123	83.97839	84.27535
3.25	0.00029	1.92921	1.98383	86.24591	86.51126
3.5	0.00031	2.00204	2.13644	88.19252	88.42891
3.75	0.00034	2.07231	2.28904	89.86362	90.07368
4	0.00036	2.14027	2.44164	91.29822	91.48446
4.25	0.00038	2.20614	2.59424	92.52977	92.69458
4.5	0.00040	2.27010	2.74685	93.58703	93.73261
4.75	0.00043	2.33230	2.89945	94.49465	94.62305
5	0.00045	2.39289	3.05205	95.27382	95.38691
5.25	0.00047	2.45199	3.20466	95.94271	96.04220
5.5	0.00049	2.50969	3.35726	96.51694	96.60435
5.75	0.00052	2.56609	3.50986	97.00989	97.08662
6	0.00054	2.62128	3.66246	97.43308	97.50037
6.25	0.00056	2.67534	3.81507	97.79637	97.85533
6.5	0.00058	2.72832	3.96767	98.10825	98.15986
6.75	0.00061	2.78029	4.12027	98.37599	98.42114
7	0.00063	2.83131	4.27287	98.60583	98.64531
7.25	0.00065	2.88143	4.42548	98.80315	98.83764
7.5	0.00067	2.93068	4.57808	98.97254	99.00265
7.75	0.00070	2.97913	4.73068	99.11795	99.14423
8	0.00072	3.02680	4.88328	99.24279	99.26571
8.25	0.00074	3.07373	5.03589	99.34996	99.36994
8.5	0.00076	3.11995	5.18849	99.44196	99.45937
8.75	0.00079	3.16550	5.34109	99.52094	99.53610
9	0.00081	3.21040	5.49369	99.58874	99.60194
9.25	0.00083	3.25469	5.64630	99.64694	99.65843
9.5	0.00085	3.29838	5.79890	99.69691	99.70691
9.75	0.00088	3.34149	5.95150	99.73981	99.74850
10	0.00090	3.38406	6.10411	99.77663	99.78419

$$C_v = 0,63 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad S = 90 \text{ cm} \quad d_w = 5,25 \text{ cm}$$

$$C_h = 1,3249 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad D = 94,5 \text{ cm} \quad F(n) = 2,140$$

t (bulan)	T_v	U_v (%)	x	U_h (%)	U_r (%)
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.00002	0.53507	0.11394	10.76883	11.24628
0.5	0.00004	0.75670	0.22788	20.37798	20.98048
0.75	0.00007	0.92676	0.34182	28.95234	29.61079
1	0.00009	1.07013	0.45576	36.60335	37.28178
1.25	0.00011	1.19645	0.56970	43.43042	44.10725
1.5	0.00013	1.31064	0.68364	49.52231	50.18389
1.75	0.00016	1.41565	0.79758	54.95816	55.59580
2	0.00018	1.51340	0.91152	59.80864	60.41690
2.25	0.00020	1.60520	1.02546	64.13678	64.71246
2.5	0.00022	1.69203	1.13940	67.99883	68.54030
2.75	0.00025	1.77462	1.25334	71.44498	71.95173
3	0.00027	1.85353	1.36728	74.52002	74.99230
3.25	0.00029	1.92921	1.48122	77.26392	77.70255
3.5	0.00031	2.00204	1.59516	79.71233	80.11850
3.75	0.00034	2.07231	1.70910	81.89708	82.27222
4	0.00036	2.14027	1.82304	83.84655	84.19228
4.25	0.00038	2.20614	1.93698	85.58609	85.90408
4.5	0.00040	2.27010	2.05092	87.13830	87.43027
4.75	0.00043	2.33230	2.16486	88.52335	88.79102
5	0.00045	2.39289	2.27880	89.75925	90.00430
5.25	0.00047	2.45199	2.39274	90.86206	91.08612
5.5	0.00049	2.50969	2.50668	91.84611	92.05075
5.75	0.00052	2.56609	2.62061	92.72419	92.91089
6	0.00054	2.62128	2.73455	93.50771	93.67789
6.25	0.00056	2.67534	2.84849	94.20685	94.36184
6.5	0.00058	2.72832	2.96243	94.83071	94.97174
6.75	0.00061	2.78029	3.07637	95.38738	95.51562
7	0.00063	2.83131	3.19031	95.88410	96.00064
7.25	0.00065	2.88143	3.30425	96.32734	96.43316
7.5	0.00067	2.93068	3.41819	96.72284	96.81888
7.75	0.00070	2.97913	3.53213	97.07575	97.16287
8	0.00072	3.02680	3.64607	97.39066	97.46964
8.25	0.00074	3.07373	3.76001	97.67166	97.74322
8.5	0.00076	3.11995	3.87395	97.92239	97.98721
8.75	0.00079	3.16550	3.98789	98.14613	98.20481
9	0.00081	3.21040	4.10183	98.34577	98.39887
9.25	0.00083	3.25469	4.21577	98.52391	98.57195
9.5	0.00085	3.29838	4.32971	98.68287	98.72631
9.75	0.00088	3.34149	4.44365	98.82471	98.86398
10	0.00090	3.38406	4.55759	98.95127	98.98676

$$C_v = 0,63 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad S = 100 \text{ cm} \quad d_w = 5,25 \text{ cm}$$

$$C_h = 1,3249 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad D = 105 \text{ cm} \quad F(n) = 2,246$$

t (bulan)	T_v	U_v (%)	x	U_h (%)	U_r (%)
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.00002	0.53507	0.08796	8.42037	8.91038
0.5	0.00004	0.75670	0.17592	16.13171	16.76634
0.75	0.00007	0.92676	0.26388	23.19373	23.90554
1	0.00009	1.07013	0.35185	29.66110	30.41382
1.25	0.00011	1.19645	0.43981	35.58389	36.35460
1.5	0.00013	1.31064	0.52777	41.00797	41.78114
1.75	0.00016	1.41565	0.61573	45.97531	46.74012
2	0.00018	1.51340	0.70369	50.52439	51.27315
2.25	0.00020	1.60520	0.79165	54.69042	55.41773
2.5	0.00022	1.69203	0.87961	58.50565	59.20775
2.75	0.00025	1.77462	0.96757	61.99963	62.67399
3	0.00027	1.85353	1.05554	65.19940	65.84444
3.25	0.00029	1.92921	1.14350	68.12974	68.74458
3.5	0.00031	2.00204	1.23146	70.81333	71.39766
3.75	0.00034	2.07231	1.31942	73.27096	73.82486
4	0.00036	2.14027	1.40738	75.52164	76.04554
4.25	0.00038	2.20614	1.49534	77.58281	78.07736
4.5	0.00040	2.27010	1.58330	79.47042	79.93646
4.75	0.00043	2.33230	1.67126	81.19908	81.63758
5	0.00045	2.39289	1.75923	82.78219	83.19419
5.25	0.00047	2.45199	1.84719	84.23199	84.61862
5.5	0.00049	2.50969	1.93515	85.55972	85.92212
5.75	0.00052	2.56609	2.02311	86.77564	87.11499
6	0.00054	2.62128	2.11107	87.88918	88.20664
6.25	0.00056	2.67534	2.19903	88.90896	89.20568
6.5	0.00058	2.72832	2.28699	89.84286	90.11998
6.75	0.00061	2.78029	2.37495	90.69813	90.95675
7	0.00063	2.83131	2.46292	91.48138	91.72257
7.25	0.00065	2.88143	2.55088	92.19868	92.42347
7.5	0.00067	2.93068	2.63884	92.85558	93.06496
7.75	0.00070	2.97913	2.72680	93.45717	93.65209
8	0.00072	3.02680	2.81476	94.00810	94.18946
8.25	0.00074	3.07373	2.90272	94.51264	94.68131
8.5	0.00076	3.11995	2.99068	94.97470	95.13148
8.75	0.00079	3.16550	3.07865	95.39784	95.54353
9	0.00081	3.21040	3.16661	95.78536	95.92067
9.25	0.00083	3.25469	3.25457	96.14025	96.26587
9.5	0.00085	3.29838	3.34253	96.46526	96.58184
9.75	0.00088	3.34149	3.43049	96.76289	96.87106
10	0.00090	3.38406	3.51845	97.03547	97.13579

$$C_v = 0,63 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad S = 110 \text{ cm} \quad d_w = 5,25 \text{ cm}$$

$$C_h = 1,3249 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad D = 115,5 \text{ cm} \quad F(n) = 2,341$$

t (bulan)	T_v	U_v (%)	x	U_h (%)	U_r (%)
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.00002	0.53507	0.06974	6.73597	7.23499
0.5	0.00004	0.75670	0.13947	13.01820	13.67639
0.75	0.00007	0.92676	0.20921	18.87727	19.62909
1	0.00009	1.07013	0.27894	24.34167	25.15132
1.25	0.00011	1.19645	0.34868	29.43799	30.28223
1.5	0.00013	1.31064	0.41841	34.19103	35.05355
1.75	0.00016	1.41565	0.48815	38.62390	39.49277
2	0.00018	1.51340	0.55789	42.75817	43.62447
2.25	0.00020	1.60520	0.62762	46.61396	47.47092
2.5	0.00022	1.69203	0.69736	50.21003	51.05249
2.75	0.00025	1.77462	0.76709	53.56387	54.38793
3	0.00027	1.85353	0.83683	56.69179	57.49452
3.25	0.00029	1.92921	0.90656	59.60902	60.38825
3.5	0.00031	2.00204	0.97630	62.32974	63.08391
3.75	0.00034	2.07231	1.04603	64.86720	65.59526
4	0.00036	2.14027	1.11577	67.23373	67.93502
4.25	0.00038	2.20614	1.18551	69.44086	70.11503
4.5	0.00040	2.27010	1.25524	71.49931	72.14631
4.75	0.00043	2.33230	1.32498	73.41911	74.03906
5	0.00045	2.39289	1.39471	75.20959	75.80280
5.25	0.00047	2.45199	1.46445	76.87946	77.44638
5.5	0.00049	2.50969	1.53418	78.43686	78.97802
5.75	0.00052	2.56609	1.60392	79.88934	80.40540
6	0.00054	2.62128	1.67366	81.24399	81.73564
6.25	0.00056	2.67534	1.74339	82.50739	82.97537
6.5	0.00058	2.72832	1.81313	83.68569	84.13079
6.75	0.00061	2.78029	1.88286	84.78461	85.20764
7	0.00063	2.83131	1.95260	85.80952	86.21129
7.25	0.00065	2.88143	2.02233	86.76538	87.14673
7.5	0.00067	2.93068	2.09207	87.65686	88.01860
7.75	0.00070	2.97913	2.16181	88.48829	88.83124
8	0.00072	3.02680	2.23154	89.26372	89.58868
8.25	0.00074	3.07373	2.30128	89.98691	90.29468
8.5	0.00076	3.11995	2.37101	90.66139	90.95275
8.75	0.00079	3.16550	2.44075	91.29043	91.56614
9	0.00081	3.21040	2.51048	91.87711	92.13789
9.25	0.00083	3.25469	2.58022	92.42426	92.67083
9.5	0.00085	3.29838	2.64996	92.93456	93.16761
9.75	0.00088	3.34149	2.71969	93.41049	93.63068
10	0.00090	3.38406	2.78943	93.85436	94.06233

$$C_v = 0,63 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad S = 120 \text{ cm} \quad d_w = 5,25 \text{ cm}$$

$$C_h = 1,3249 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad D = 126 \text{ cm} \quad F(n) = 2,428$$

t (bulan)	T_v	U_v (%)	x	U_h (%)	U_r (%)
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.00002	0.53507	0.05650	5.49311	5.99879
0.5	0.00004	0.75670	0.11299	10.68448	11.36033
0.75	0.00007	0.92676	0.16949	15.59068	16.37295
1	0.00009	1.07013	0.22599	20.22737	21.08105
1.25	0.00011	1.19645	0.28249	24.60937	25.51138
1.5	0.00013	1.31064	0.33898	28.75066	29.68449
1.75	0.00016	1.41565	0.39548	32.66447	33.61771
2	0.00018	1.51340	0.45198	36.36328	37.32636
2.25	0.00020	1.60520	0.50848	39.85892	40.82430
2.5	0.00022	1.69203	0.56497	43.16253	44.12424
2.75	0.00025	1.77462	0.62147	46.28468	47.23792
3	0.00027	1.85353	0.67797	49.23532	50.17626
3.25	0.00029	1.92921	0.73447	52.02388	52.94944
3.5	0.00031	2.00204	0.79096	54.65926	55.56700
3.75	0.00034	2.07231	0.84746	57.14988	58.03786
4	0.00036	2.14027	0.90396	59.50368	60.37041
4.25	0.00038	2.20614	0.96046	61.72819	62.57252
4.5	0.00040	2.27010	1.01695	63.83050	64.65158
4.75	0.00043	2.33230	1.07345	65.81733	66.61457
5	0.00045	2.39289	1.12995	67.69502	68.46805
5.25	0.00047	2.45199	1.18645	69.46957	70.21817
5.5	0.00049	2.50969	1.24294	71.14664	71.87077
5.75	0.00052	2.56609	1.29944	72.73159	73.43132
6	0.00054	2.62128	1.35594	74.22947	74.90499
6.25	0.00056	2.67534	1.41244	75.64507	76.29665
6.5	0.00058	2.72832	1.46893	76.98292	77.61090
6.75	0.00061	2.78029	1.52543	78.24727	78.85206
7	0.00063	2.83131	1.58193	79.44217	80.02423
7.25	0.00065	2.88143	1.63843	80.57144	81.13126
7.5	0.00067	2.93068	1.69492	81.63867	82.17678
7.75	0.00070	2.97913	1.75142	82.64728	83.16424
8	0.00072	3.02680	1.80792	83.60048	84.09686
8.25	0.00074	3.07373	1.86442	84.50132	84.97771
8.5	0.00076	3.11995	1.92091	85.35268	85.80967
8.75	0.00079	3.16550	1.97741	86.15728	86.59547
9	0.00081	3.21040	2.03391	86.91767	87.33767
9.25	0.00083	3.25469	2.09041	87.63630	88.03870
9.5	0.00085	3.29838	2.14690	88.31545	88.70085
9.75	0.00088	3.34149	2.20340	88.95730	89.32629
10	0.00090	3.38406	2.25990	89.56388	89.91705

PERHITUNGAN DERAJAT KONSOLIDASI PVD POLA SEGIEMPAT

$$C_v = 0,63 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad S = 80 \text{ cm} \quad d_w = 5,25 \text{ cm}$$

$$C_h = 1,3249 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad D = 90,4 \text{ cm} \quad F(n) = 2,096$$

t (bulan)	T_v	U_v (%)	x	U_h (%)	U_r (%)
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.00002	0.53507	0.12714	11.93934	12.41052
0.5	0.00004	0.75670	0.25429	22.45319	23.03999
0.75	0.00007	0.92676	0.38143	31.71177	32.34464
1	0.00009	1.07013	0.50858	39.86493	40.50846
1.25	0.00011	1.19645	0.63572	47.04466	47.67824
1.5	0.00013	1.31064	0.76287	53.36717	53.97836
1.75	0.00016	1.41565	0.89001	58.93482	59.51616
2	0.00018	1.51340	1.01715	63.83773	64.38501
2.25	0.00020	1.60520	1.14430	68.15527	68.66644
2.5	0.00022	1.69203	1.27144	71.95732	72.43181
2.75	0.00025	1.77462	1.39859	75.30543	75.74366
3	0.00027	1.85353	1.52573	78.25379	78.65687
3.25	0.00029	1.92921	1.65288	80.85015	81.21959
3.5	0.00031	2.00204	1.78002	83.13651	83.47413
3.75	0.00034	2.07231	1.90716	85.14990	85.45764
4	0.00036	2.14027	2.03431	86.92290	87.20279
4.25	0.00038	2.20614	2.16145	88.48422	88.73828
4.5	0.00040	2.27010	2.28860	89.85913	90.08934
4.75	0.00043	2.33230	2.41574	91.06988	91.27816
5	0.00045	2.39289	2.54288	92.13608	92.32425
5.25	0.00047	2.45199	2.67003	93.07498	93.24478
5.5	0.00049	2.50969	2.79717	93.90178	94.05483
5.75	0.00052	2.56609	2.92432	94.62987	94.76767
6	0.00054	2.62128	3.05146	95.27103	95.39499
6.25	0.00056	2.67534	3.17861	95.83563	95.94704
6.5	0.00058	2.72832	3.30575	96.33283	96.43288
6.75	0.00061	2.78029	3.43289	96.77067	96.86045
7	0.00063	2.83131	3.56004	97.15623	97.23674
7.25	0.00065	2.88143	3.68718	97.49576	97.56791
7.5	0.00067	2.93068	3.81433	97.79475	97.85937
7.75	0.00070	2.97913	3.94147	98.05804	98.11589
8	0.00072	3.02680	4.06862	98.28990	98.34166
8.25	0.00074	3.07373	4.19576	98.49407	98.54036
8.5	0.00076	3.11995	4.32290	98.67387	98.71524
8.75	0.00079	3.16550	4.45005	98.83220	98.86917
9	0.00081	3.21040	4.57719	98.97163	99.00464
9.25	0.00083	3.25469	4.70434	99.09441	99.12388
9.5	0.00085	3.29838	4.83148	99.20253	99.22883
9.75	0.00088	3.34149	4.95863	99.29774	99.32121
10	0.00090	3.38406	5.08577	99.38159	99.40251

$$C_v = 0,63 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad S = 90 \text{ cm} \quad d_w = 5,25 \text{ cm}$$

$$C_h = 1,3249 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad D = 101,7 \text{ cm} \quad F(n) = 2,214$$

t (bulan)	T_v	U_v (%)	x	U_h (%)	U_r (%)
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.00002	0.53507	0.09511	9.07314	9.55966
0.5	0.00004	0.75670	0.19023	17.32307	17.94869
0.75	0.00007	0.92676	0.28534	24.82447	25.52117
1	0.00009	1.07013	0.38046	31.64525	32.37674
1.25	0.00011	1.19645	0.47557	37.84718	38.59080
1.5	0.00013	1.31064	0.57069	43.48639	44.22708
1.75	0.00016	1.41565	0.66580	48.61395	49.34140
2	0.00018	1.51340	0.76092	53.27628	53.98340
2.25	0.00020	1.60520	0.85603	57.51560	58.19756
2.5	0.00022	1.69203	0.95115	61.37027	62.02389
2.75	0.00025	1.77462	1.04626	64.87520	65.49853
3	0.00027	1.85353	1.14138	68.06212	68.65410
3.25	0.00029	1.92921	1.23649	70.95989	71.52014
3.5	0.00031	2.00204	1.33161	73.59474	74.12339
3.75	0.00034	2.07231	1.42672	75.99053	76.48808
4	0.00036	2.14027	1.52184	78.16894	78.63619
4.25	0.00038	2.20614	1.61695	80.14971	80.58763
4.5	0.00040	2.27010	1.71207	81.95075	82.36049
4.75	0.00043	2.33230	1.80718	83.58839	83.97116
5	0.00045	2.39289	1.90230	85.07744	85.43452
5.25	0.00047	2.45199	1.99741	86.43138	86.76408
5.5	0.00049	2.50969	2.09253	87.66248	87.97212
5.75	0.00052	2.56609	2.18764	88.78188	89.06975
6	0.00054	2.62128	2.28275	89.79972	90.06710
6.25	0.00056	2.67534	2.37787	90.72521	90.97334
6.5	0.00058	2.72832	2.47298	91.56672	91.79681
6.75	0.00061	2.78029	2.56810	92.33188	92.54508
7	0.00063	2.83131	2.66321	93.02762	93.22503
7.25	0.00065	2.88143	2.75833	93.66024	93.84291
7.5	0.00067	2.93068	2.85344	94.23545	94.40439
7.75	0.00070	2.97913	2.94856	94.75848	94.91463
8	0.00072	3.02680	3.04367	95.23405	95.37831
8.25	0.00074	3.07373	3.13879	95.66647	95.79967
8.5	0.00076	3.11995	3.23390	96.05966	96.18260
8.75	0.00079	3.16550	3.32902	96.41717	96.53059
9	0.00081	3.21040	3.42413	96.74225	96.84683
9.25	0.00083	3.25469	3.51925	97.03783	97.13424
9.5	0.00085	3.29838	3.61436	97.30659	97.39543
9.75	0.00088	3.34149	3.70948	97.55097	97.63280
10	0.00090	3.38406	3.80459	97.77317	97.84853

$$C_v = 0,63 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad S = 100 \text{ cm} \quad d_w = 5,25 \text{ cm}$$

$$C_h = 1,3249 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad D = 113 \text{ cm} \quad F(n) = 2,319$$

t (bulan)	T_v	U_v (%)	x	U_h (%)	U_r (%)
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.00002	0.53507	0.07354	7.09037	7.58750
0.5	0.00004	0.75670	0.14709	13.67801	14.33120
0.75	0.00007	0.92676	0.22063	19.79855	20.54183
1	0.00009	1.07013	0.29417	25.48513	26.28254
1.25	0.00011	1.19645	0.36771	30.76851	31.59683
1.5	0.00013	1.31064	0.44126	35.67728	36.52032
1.75	0.00016	1.41565	0.51480	40.23800	41.08402
2	0.00018	1.51340	0.58834	44.47535	45.31566
2.25	0.00020	1.60520	0.66189	48.41225	49.24034
2.5	0.00022	1.69203	0.73543	52.07001	52.88100
2.75	0.00025	1.77462	0.80897	55.46843	56.25869
3	0.00027	1.85353	0.88251	58.62588	59.39276
3.25	0.00029	1.92921	0.95606	61.55946	62.30106
3.5	0.00031	2.00204	1.02960	64.28503	65.00006
3.75	0.00034	2.07231	1.10314	66.81736	67.50500
4	0.00036	2.14027	1.17669	69.17013	69.82997
4.25	0.00038	2.20614	1.25023	71.35608	71.98801
4.5	0.00040	2.27010	1.32377	73.38704	73.99118
4.75	0.00043	2.33230	1.39731	75.27400	75.85068
5	0.00045	2.39289	1.47086	77.02716	77.57688
5.25	0.00047	2.45199	1.54440	78.65602	79.17937
5.5	0.00049	2.50969	1.61794	80.16939	80.66707
5.75	0.00052	2.56609	1.69149	81.57545	82.04824
6	0.00054	2.62128	1.76503	82.88182	83.33054
6.25	0.00056	2.67534	1.83857	84.09556	84.52106
6.5	0.00058	2.72832	1.91211	85.22325	85.62640
6.75	0.00061	2.78029	1.98566	86.27097	86.65268
7	0.00063	2.83131	2.05920	87.24441	87.60556
7.25	0.00065	2.88143	2.13274	88.14883	88.49031
7.5	0.00067	2.93068	2.20629	88.98912	89.31182
7.75	0.00070	2.97913	2.27983	89.76983	90.07460
8	0.00072	3.02680	2.35337	90.49519	90.78288
8.25	0.00074	3.07373	2.42692	91.16912	91.44055
8.5	0.00076	3.11995	2.50046	91.79526	92.05124
8.75	0.00079	3.16550	2.57400	92.37701	92.61831
9	0.00081	3.21040	2.64754	92.91750	93.14488
9.25	0.00083	3.25469	2.72109	93.41968	93.63385
9.5	0.00085	3.29838	2.79463	93.88625	94.08790
9.75	0.00088	3.34149	2.86817	94.31974	94.50954
10	0.00090	3.38406	2.94172	94.72249	94.90108

$$C_v = 0,63 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad S = 110 \text{ cm} \quad d_w = 5,25 \text{ cm}$$

$$C_h = 1,3249 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad D = 124,3 \text{ cm} \quad F(n) = 2,414$$

t (bulan)	T_v	U_v (%)	x	U_h (%)	U_r (%)
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.00002	0.53507	0.05838	5.67086	6.17558
0.5	0.00004	0.75670	0.11676	11.02013	11.69344
0.75	0.00007	0.92676	0.17514	16.06605	16.84392
1	0.00009	1.07013	0.23352	20.82583	21.67310
1.25	0.00011	1.19645	0.29190	25.31568	26.20924
1.5	0.00013	1.31064	0.35028	29.55092	30.47426
1.75	0.00016	1.41565	0.40866	33.54599	34.48675
2	0.00018	1.51340	0.46704	37.31450	38.26318
2.25	0.00020	1.60520	0.52542	40.86931	41.81847
2.5	0.00022	1.69203	0.58380	44.22252	45.16630
2.75	0.00025	1.77462	0.64218	47.38559	48.31929
3	0.00027	1.85353	0.70056	50.36927	51.28919
3.25	0.00029	1.92921	0.75894	53.18376	54.08695
3.5	0.00031	2.00204	0.81732	55.83864	56.72277
3.75	0.00034	2.07231	0.87570	58.34297	59.20623
4	0.00036	2.14027	0.93408	60.70528	61.54630
4.25	0.00038	2.20614	0.99246	62.93363	63.75137
4.5	0.00040	2.27010	1.05084	65.03561	65.82934
4.75	0.00043	2.33230	1.10922	67.01839	67.78762
5	0.00045	2.39289	1.16760	68.88873	69.63319
5.25	0.00047	2.45199	1.22598	70.65301	71.37259
5.5	0.00049	2.50969	1.28436	72.31723	73.01199
5.75	0.00052	2.56609	1.34274	73.88708	74.55717
6	0.00054	2.62128	1.40112	75.36791	76.01359
6.25	0.00056	2.67534	1.45950	76.76476	77.38638
6.5	0.00058	2.72832	1.51788	78.08240	78.68038
6.75	0.00061	2.78029	1.57626	79.32531	79.90013
7	0.00063	2.83131	1.63464	80.49775	81.04992
7.25	0.00065	2.88143	1.69302	81.60369	82.13377
7.5	0.00067	2.93068	1.75140	82.64692	83.15548
7.75	0.00070	2.97913	1.80978	83.63099	84.11864
8	0.00072	3.02680	1.86816	84.55925	85.02661
8.25	0.00074	3.07373	1.92654	85.43487	85.88257
8.5	0.00076	3.11995	1.98492	86.26084	86.68950
8.75	0.00079	3.16550	2.04330	87.03997	87.45022
9	0.00081	3.21040	2.10168	87.77492	88.16739
9.25	0.00083	3.25469	2.16006	88.46818	88.84351
9.5	0.00085	3.29838	2.21844	89.12214	89.48093
9.75	0.00088	3.34149	2.27682	89.73900	90.08187
10	0.00090	3.38406	2.33520	90.32089	90.64844

$$C_v = 0,63 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad S = 120 \text{ cm} \quad d_w = 5,25 \text{ cm}$$

$$C_h = 1,3249 \text{ m}^2/\text{tahun} \quad D = 135,6 \text{ cm} \quad F(n) = 2,428$$

t (bulan)	T_v	U_v (%)	x	U_h (%)	U_r (%)
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.00002	0.53507	0.04735	4.62456	5.13488
0.5	0.00004	0.75670	0.09470	9.03525	9.72358
0.75	0.00007	0.92676	0.14205	13.24197	14.04602
1	0.00009	1.07013	0.18940	17.25415	18.13964
1.25	0.00011	1.19645	0.23675	21.08078	22.02501
1.5	0.00013	1.31064	0.28409	24.73045	25.71696
1.75	0.00016	1.41565	0.33144	28.21133	29.22761
2	0.00018	1.51340	0.37879	31.53124	32.56745
2.25	0.00020	1.60520	0.42614	34.69762	35.74586
2.5	0.00022	1.69203	0.47349	37.71757	38.77141
2.75	0.00025	1.77462	0.52084	40.59786	41.65202
3	0.00027	1.85353	0.56819	43.34495	44.39506
3.25	0.00029	1.92921	0.61554	45.96499	47.00744
3.5	0.00031	2.00204	0.66289	48.46387	49.49565
3.75	0.00034	2.07231	0.71024	50.84719	51.86579
4	0.00036	2.14027	0.75759	53.12029	54.12365
4.25	0.00038	2.20614	0.80493	55.28827	56.27468
4.5	0.00040	2.27010	0.85228	57.35599	58.32405
4.75	0.00043	2.33230	0.89963	59.32809	60.27668
5	0.00045	2.39289	0.94698	61.20899	62.13722
5.25	0.00047	2.45199	0.99433	63.00290	63.91007
5.5	0.00049	2.50969	1.04168	64.71385	65.59943
5.75	0.00052	2.56609	1.08903	66.34568	67.20928
6	0.00054	2.62128	1.13638	67.90205	68.74343
6.25	0.00056	2.67534	1.18373	69.38644	70.20545
6.5	0.00058	2.72832	1.23108	70.80218	71.59879
6.75	0.00061	2.78029	1.27843	72.15245	72.92669
7	0.00063	2.83131	1.32577	73.44028	74.19226
7.25	0.00065	2.88143	1.37312	74.66855	75.39845
7.5	0.00067	2.93068	1.42047	75.84002	76.54807
7.75	0.00070	2.97913	1.46782	76.95731	77.64378
8	0.00072	3.02680	1.51517	78.02293	78.68813
8.25	0.00074	3.07373	1.56252	79.03927	79.68355
8.5	0.00076	3.11995	1.60987	80.00862	80.63234
8.75	0.00079	3.16550	1.65722	80.93313	81.53669
9	0.00081	3.21040	1.70457	81.81489	82.39870
9.25	0.00083	3.25469	1.75192	82.65587	83.22037
9.5	0.00085	3.29838	1.79927	83.45796	84.00358
9.75	0.00088	3.34149	1.84661	84.22296	84.75014
10	0.00090	3.38406	1.89396	84.95257	85.46179

PERHITUNGAN PEMAMPATAN SEKUNDER

Lapisan	H (m)	e_0	C_c	σ'_0 (t/m ²)	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	e_p	C_α	t_1 (tahun)	t_2 (tahun)	C'_α	S_s (m)	ΣS_s (m)
1	1	2.285	1.31	1.166	5.86	1.263	0.11	3.1	20	0.049	0.040	0.040
2	1	2.285	1.31	2.999	5.86	1.668	0.11	3.1	20	0.041	0.034	0.073
3	1	2.285	1.31	4.332	5.86	1.798	0.11	3.1	20	0.039	0.032	0.105
4	1	2.285	1.31	5.665	5.86	1.881	0.11	3.1	20	0.038	0.031	0.136
5	1	2.285	1.31	6.998	5.86	1.939	0.11	3.1	20	0.037	0.031	0.167
6	1	2.285	1.31	8.331	5.86	1.982	0.11	3.1	20	0.037	0.030	0.197
7	1	2.285	1.31	9.664	5.86	2.015	0.11	3.1	20	0.036	0.030	0.227
8	1	2.285	1.31	10.997	5.86	2.042	0.11	3.1	20	0.036	0.029	0.256
9	1	2.285	1.31	12.330	5.86	2.063	0.11	3.1	20	0.036	0.029	0.285
10	1	2.285	1.31	13.663	5.86	2.082	0.11	3.1	20	0.036	0.029	0.315
11	1	5.123	1.25	14.455	5.86	4.939	0.076	3.1	20	0.013	0.010	0.325
12	1	5.123	1.25	14.707	5.86	4.941	0.076	3.1	20	0.013	0.010	0.335
13	1	5.123	1.25	14.958	5.86	4.944	0.076	3.1	20	0.013	0.010	0.346
14	1	5.123	1.25	15.210	5.86	4.946	0.076	3.1	20	0.013	0.010	0.356
15	1	5.123	1.25	15.461	5.81	4.950	0.076	3.1	20	0.013	0.010	0.367
16	1	5.123	1.25	15.712	5.81	4.953	0.076	3.1	20	0.013	0.010	0.377
17	1	5.123	1.25	15.964	5.81	4.955	0.076	3.1	20	0.013	0.010	0.387
18	1	5.123	1.25	16.215	5.75	4.959	0.076	3.1	20	0.013	0.010	0.398
19	1	5.123	1.25	16.467	5.75	4.961	0.076	3.1	20	0.013	0.010	0.408
20	1	5.123	1.25	16.718	5.75	4.963	0.076	3.1	20	0.013	0.010	0.419
21	1	2.815	1.25	17.374	5.63	2.663	0	3.1	20	0	0	0.419
22	1	2.815	1.25	18.434	5.63	2.671	0	3.1	20	0	0	0.419
23	1	2.815	1.25	19.495	5.63	2.678	0	3.1	20	0	0	0.419
24	1	2.815	1.25	20.555	5.63	2.684	0	3.1	20	0	0	0.419

PERHITUNGAN RATE OF SETTLEMENT

Kedalaman (m)	Sisa S_c (m)	S_s (m)	S_t (m)	Rate of Settlement (cm/tahun)
1	0.029	0.040	0.068	0.350
2	0.045	0.073	0.118	0.605
3	0.057	0.105	0.163	0.834
4	0.068	0.136	0.204	1.047
5	0.077	0.167	0.243	1.248
6	0.084	0.197	0.281	1.442
7	0.091	0.227	0.318	1.629
8	0.097	0.256	0.353	1.812
9	0.103	0.285	0.388	1.990
10	0.108	0.315	0.422	2.165
11	0.110	0.325	0.435	2.232
12	0.113	0.335	0.448	2.298
13	0.115	0.346	0.461	2.363
14	0.117	0.356	0.474	2.429
15	0.120	0.367	0.486	2.494
16	0.122	0.377	0.499	2.559
17	0.124	0.387	0.512	2.624
18	0.126	0.398	0.524	2.689
19	0.129	0.408	0.537	2.753
20	0.131	0.419	0.549	2.817
21	0.134	0.419	0.553	2.834
22	0.137	0.419	0.556	2.850
23	0.140	0.419	0.559	2.865
24	0.143	0.419	0.561	2.879

PERHITUNGAN PEMAMPATAN TANAH AKIBAT TIMBUNAN BERTAHAP

Tahap Timbunan ke-	Rekap Nilai Pemampatan Akibat Timbunan	U pada Minggu ke-																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		0	11.25	20.98	29.61	37.28	44.11	50.18	55.60	60.42	64.71	68.54	71.95	74.99	77.70	80.12	82.27	84.19	85.90	87.43	88.79	90.00
1	0.3155	0	0.035	0.066	0.093	0.118	0.139	0.158	0.175	0.191	0.204	0.216	0.227	0.237	0.245	0.253	0.260	0.266	0.271	0.276	0.280	0.284
2	0.2968	0	0.035	0.100	0.156	0.206	0.250	0.289	0.324	0.356	0.384	0.408	0.430	0.450	0.468	0.483	0.497	0.510	0.521	0.531	0.540	0.548
3	0.2590	0	0.035	0.100	0.185	0.260	0.327	0.386	0.439	0.486	0.528	0.565	0.598	0.628	0.654	0.678	0.699	0.717	0.734	0.749	0.762	0.774
4	0.2323	0	0.035	0.100	0.185	0.286	0.375	0.455	0.525	0.588	0.644	0.694	0.738	0.778	0.813	0.845	0.873	0.898	0.920	0.940	0.958	0.974
5	0.2118	0	0.035	0.100	0.185	0.286	0.399	0.499	0.588	0.667	0.737	0.800	0.856	0.906	0.950	0.990	1.025	1.057	1.085	1.110	1.132	1.152
6	0.1953	0	0.035	0.100	0.185	0.286	0.399	0.521	0.629	0.725	0.810	0.886	0.954	1.015	1.068	1.116	1.159	1.197	1.231	1.261	1.288	1.313
7	0.1817	0	0.035	0.100	0.185	0.286	0.399	0.521	0.649	0.763	0.864	0.954	1.034	1.106	1.169	1.226	1.277	1.322	1.362	1.398	1.430	1.458
8	0.1700	0	0.035	0.100	0.185	0.286	0.399	0.521	0.649	0.782	0.900	1.004	1.098	1.181	1.255	1.321	1.379	1.432	1.478	1.520	1.557	1.590
9	0.1599	0	0.035	0.100	0.185	0.286	0.399	0.521	0.649	0.782	0.918	1.038	1.145	1.240	1.325	1.401	1.468	1.528	1.582	1.630	1.672	1.710
10	0.1511	0	0.035	0.100	0.185	0.286	0.399	0.521	0.649	0.782	0.918	1.055	1.177	1.285	1.382	1.468	1.544	1.612	1.673	1.727	1.776	1.819

PERHITUNGAN PERUBAHAN TEGANGAN TANAH DASAR

- Perubahan Tegangan Tanah Dasar pada Tahap Penimbunan ke-4

Tegangan Efektif	σ'_0 (t/m ²)	σ'_1 (t/m ²)	σ'_2 (t/m ²)	σ'_3 (t/m ²)	σ'_4 (t/m ²)
Kedalaman (m)	H = 0 m	H = 0.5 m	H = 1 m	H = 1.5 m	H = 2 m
1	1.166	2.041	2.916	3.791	4.666
2	2.999	3.874	4.749	5.624	6.499
3	4.332	5.207	6.082	6.957	7.832
4	5.665	6.540	7.415	8.290	9.165
5	6.998	7.873	8.748	9.623	10.497
6	8.331	9.206	10.081	10.955	11.829
7	9.664	10.539	11.413	12.287	13.161
8	10.997	11.871	12.745	13.619	14.493
9	12.330	13.204	14.078	14.951	15.824
10	13.663	14.537	15.410	16.283	17.155
11	14.455	15.328	16.201	17.073	17.945
12	14.707	15.579	16.451	17.322	18.193
13	14.958	15.830	16.701	17.572	18.441
14	15.210	16.080	16.951	17.820	18.689
15	15.461	16.331	17.200	18.069	18.936
16	15.712	16.581	17.449	18.316	19.182
17	15.964	16.832	17.698	18.564	19.428
18	16.215	17.082	17.947	18.811	19.674
19	16.467	17.332	18.196	19.058	19.919
20	16.718	17.582	18.444	19.304	20.163
21	17.374	18.236	19.096	19.954	20.811
22	18.434	19.294	20.152	21.009	21.863
23	19.495	20.353	21.209	22.063	22.914
24	20.555	21.411	22.264	23.116	23.965

Perubahan Tegangan	σ'_0 (t/m ²)	$\Delta\sigma_1$ (t/m ²)	$\Delta\sigma_2$ (t/m ²)	$\Delta\sigma_3$ (t/m ²)	$\Delta\sigma_4$ (t/m ²)	$\Sigma\Delta\sigma$ (t/m ²)
Umur Timbunan	-	4 mg	3 mg	2 mg	1 mg	
U _c (%)	100	37.28	29.61	20.98	11.25	
Kedalaman (m)	H = 0 m	H = 0.5 m	H = 1 m	H = 1.5 m	H = 2 m	
1	1.166	0.271	0.227	0.165	0.090	1.919
2	2.999	0.300	0.241	0.172	0.092	3.804
3	4.332	0.308	0.245	0.174	0.093	5.152
4	5.665	0.312	0.248	0.176	0.094	6.494
5	6.998	0.314	0.249	0.177	0.095	7.833
6	8.331	0.316	0.251	0.177	0.095	9.170
7	9.664	0.317	0.252	0.178	0.095	10.506
8	10.997	0.318	0.252	0.179	0.096	11.842
9	12.330	0.319	0.253	0.179	0.096	13.176
10	13.663	0.319	0.253	0.179	0.096	14.511
11	14.455	0.320	0.253	0.179	0.096	15.303
12	14.707	0.319	0.253	0.179	0.096	15.554
13	14.958	0.319	0.253	0.179	0.096	15.805
14	15.210	0.319	0.253	0.179	0.096	16.056
15	15.461	0.319	0.253	0.179	0.096	16.307
16	15.712	0.318	0.252	0.178	0.095	16.557
17	15.964	0.318	0.252	0.178	0.095	16.808
18	16.215	0.318	0.252	0.178	0.095	17.058
19	16.467	0.317	0.251	0.178	0.095	17.308
20	16.718	0.317	0.251	0.177	0.095	17.558
21	17.374	0.316	0.251	0.177	0.095	18.213
22	18.434	0.316	0.250	0.177	0.094	19.272
23	19.495	0.316	0.250	0.176	0.094	20.331
24	20.555	0.315	0.249	0.176	0.094	21.389

- Perubahan Tegangan Tanah Dasar pada Tahap Penimbunan ke-5

Tegangan Efektif	σ'_0 (t/m ²)	σ'_1 (t/m ²)	σ'_2 (t/m ²)	σ'_3 (t/m ²)	σ'_4 (t/m ²)	σ'_5 (t/m ²)
Kedalaman (m)	H = 0 m	H = 0.5 m	H = 1 m	H = 1.5 m	H = 2 m	H = 2.5 m
1	1.166	2.041	2.916	3.791	4.666	5.541
2	2.999	3.874	4.749	5.624	6.499	7.374
3	4.332	5.207	6.082	6.957	7.832	8.707
4	5.665	6.540	7.415	8.290	9.165	10.039
5	6.998	7.873	8.748	9.623	10.497	11.372
6	8.331	9.206	10.081	10.955	11.829	12.703
7	9.664	10.539	11.413	12.287	13.161	14.035
8	10.997	11.871	12.745	13.619	14.493	15.366
9	12.330	13.204	14.078	14.951	15.824	16.697
10	13.663	14.537	15.410	16.283	17.155	18.027
11	14.455	15.328	16.201	17.073	17.945	18.816
12	14.707	15.579	16.451	17.322	18.193	19.063
13	14.958	15.830	16.701	17.572	18.441	19.310
14	15.210	16.080	16.951	17.820	18.689	19.556
15	15.461	16.331	17.200	18.069	18.936	19.802
16	15.712	16.581	17.449	18.316	19.182	20.047
17	15.964	16.832	17.698	18.564	19.428	20.291
18	16.215	17.082	17.947	18.811	19.674	20.535
19	16.467	17.332	18.196	19.058	19.919	20.778
20	16.718	17.582	18.444	19.304	20.163	21.020
21	17.374	18.236	19.096	19.954	20.811	21.665
22	18.434	19.294	20.152	21.009	21.863	22.715
23	19.495	20.353	21.209	22.063	22.914	23.763
24	20.555	21.411	22.264	23.116	23.965	24.811

Perubahan Tegangan	σ'_0 (t/m ²)	$\Delta\sigma_1$ (t/m ²)	$\Delta\sigma_2$ (t/m ²)	$\Delta\sigma_3$ (t/m ²)	$\Delta\sigma_4$ (t/m ²)	$\Delta\sigma_5$ (t/m ²)	$I\Delta\sigma$ (t/m ²)
Umur Timbunan	-	5 mg	4 mg	3 mg	2 mg	1 mg	
U _t (%)	100	44.11	37.28	29.61	20.98	11.25	
Kedalaman (m)	H = 0 m	H = 0.5 m	H = 1 m	H = 1.5 m	H = 2 m	H = 2.5 m	
1	1.166	0.327	0.290	0.236	0.169	0.091	2.279
2	2.999	0.359	0.306	0.244	0.173	0.093	4.174
3	4.332	0.366	0.310	0.247	0.175	0.094	5.525
4	5.665	0.370	0.313	0.249	0.176	0.094	6.869
5	6.998	0.373	0.315	0.250	0.177	0.095	8.209
6	8.331	0.375	0.317	0.251	0.178	0.095	9.548
7	9.664	0.376	0.318	0.252	0.178	0.095	10.885
8	10.997	0.377	0.319	0.253	0.179	0.096	12.220
9	12.330	0.378	0.319	0.253	0.179	0.096	13.555
10	13.663	0.379	0.320	0.253	0.179	0.096	14.890
11	14.455	0.379	0.320	0.254	0.179	0.096	15.682
12	14.707	0.379	0.320	0.253	0.179	0.096	15.933
13	14.958	0.378	0.319	0.253	0.179	0.096	16.184
14	15.210	0.378	0.319	0.253	0.179	0.096	16.434
15	15.461	0.378	0.319	0.253	0.179	0.095	16.684
16	15.712	0.378	0.318	0.252	0.178	0.095	16.935
17	15.964	0.377	0.318	0.252	0.178	0.095	17.184
18	16.215	0.377	0.318	0.252	0.178	0.095	17.434
19	16.467	0.376	0.317	0.251	0.177	0.095	17.683
20	16.718	0.375	0.317	0.251	0.177	0.095	17.933
21	17.374	0.375	0.316	0.250	0.177	0.094	18.587
22	18.434	0.374	0.316	0.250	0.176	0.094	19.645
23	19.495	0.374	0.315	0.249	0.176	0.094	20.703
24	20.555	0.373	0.314	0.249	0.176	0.094	21.761

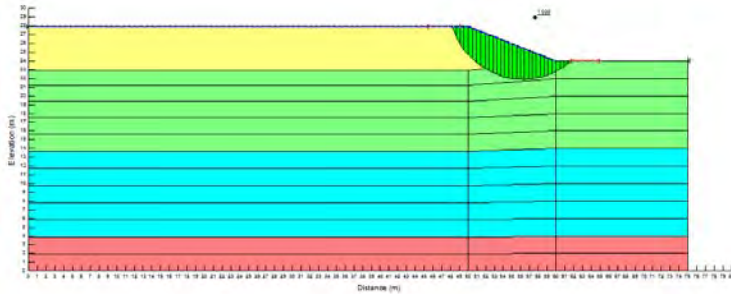
- Perubahan Tegangan Tanah Dasar pada Tahap Penimbunan ke-10

Tegangan Efektif	σ'_0	σ'_1	σ'_2	σ'_3	σ'_4	σ'_5	σ'_6	σ'_7	σ'_8	σ'_9	σ'_{10}
	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)
Kedalaman (m)	H = 0 m	H = 0.5 m	H = 1 m	H = 1.5 m	H = 2 m	H = 2.5 m	H = 3 m	H = 3.5 m	H = 4 m	H = 4.5 m	H = 5 m
1	1.166	2.041	2.916	3.791	4.666	5.541	6.416	7.291	8.166	9.041	9.915
2	2.999	3.874	4.749	5.624	6.499	7.374	8.249	9.124	9.999	10.873	11.747
3	4.332	5.207	6.082	6.957	7.832	8.707	9.582	10.456	11.331	12.205	13.079
4	5.665	6.540	7.415	8.290	9.165	10.039	10.914	11.788	12.662	13.536	14.410
5	6.998	7.873	8.748	9.623	10.497	11.372	12.246	13.120	13.993	14.867	15.740
6	8.331	9.206	10.081	10.955	11.829	12.703	13.577	14.451	15.324	16.197	17.069
7	9.664	10.539	11.413	12.287	13.161	14.035	14.908	15.781	16.654	17.526	18.397
8	10.997	11.871	12.745	13.619	14.493	15.366	16.239	17.111	17.983	18.854	19.724
9	12.330	13.204	14.078	14.951	15.824	16.697	17.569	18.440	19.311	20.181	21.050
10	13.663	14.537	15.410	16.283	17.155	18.027	18.898	19.769	20.638	21.507	22.375
11	14.455	15.328	16.201	17.073	17.945	18.816	19.686	20.555	21.424	22.291	23.158
12	14.707	15.579	16.451	17.322	18.193	19.063	19.932	20.801	21.668	22.534	23.398
13	14.958	15.830	16.701	17.572	18.441	19.310	20.178	21.045	21.910	22.775	23.637
14	15.210	16.080	16.951	17.820	18.689	19.556	20.423	21.288	22.152	23.014	23.875
15	15.461	16.331	17.200	18.069	18.936	19.802	20.667	21.530	22.392	23.252	24.111
16	15.712	16.581	17.449	18.316	19.182	20.047	20.910	21.772	22.632	23.489	24.345
17	15.964	16.832	17.698	18.564	19.428	20.291	21.152	22.012	22.870	23.725	24.578
18	16.215	17.082	17.947	18.811	19.674	20.535	21.394	22.251	23.106	23.959	24.809
19	16.467	17.332	18.196	19.058	19.919	20.778	21.635	22.489	23.342	24.192	25.039
20	16.718	17.582	18.444	19.304	20.163	21.020	21.874	22.727	23.576	24.423	25.267
21	17.374	18.236	19.096	19.954	20.811	21.665	22.517	23.367	24.214	25.057	25.898
22	18.434	19.294	20.152	21.009	21.863	22.715	23.564	24.411	25.254	26.095	26.932
23	19.495	20.353	21.209	22.063	22.914	23.763	24.610	25.454	26.294	27.131	27.964
24	20.555	21.411	22.264	23.116	23.965	24.811	25.655	26.495	27.332	28.165	28.995

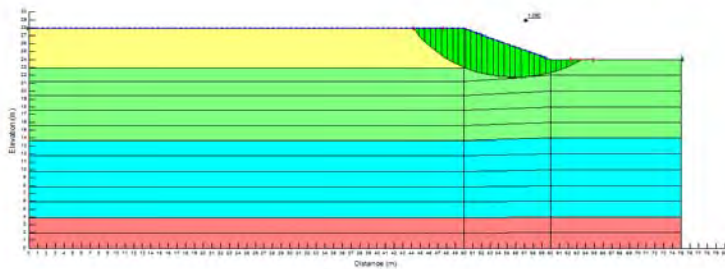
Perubahan Tegangan	σ'_0	$\Delta\sigma_1$	$\Delta\sigma_2$	$\Delta\sigma_3$	$\Delta\sigma_4$	$\Delta\sigma_5$	$\Delta\sigma_6$	$\Delta\sigma_7$	$\Delta\sigma_8$	$\Delta\sigma_9$	$\Delta\sigma_{10}$	$\Sigma\Delta\sigma$ (t/m ²)
	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	
Umur Timbunan	-	10 mg	9 mg	8 mg	7 mg	6 mg	5 mg	4 mg	3 mg	2 mg	1 mg	
U, (%)	100	68.54	64.71	60.42	55.60	50.18	44.11	37.28	29.61	20.98	11.25	
Kedalaman (m)	H = 0 m	H = 0.5 m	H = 1 m	H = 1.5 m	H = 2 m	H = 2.5 m	H = 3 m	H = 3.5 m	H = 4 m	H = 4.5 m	H = 5 m	
1	1.166	0.545	0.530	0.501	0.464	0.420	0.370	0.313	0.249	0.176	0.094	4.830
2	2.999	0.575	0.546	0.511	0.471	0.425	0.374	0.316	0.251	0.177	0.095	6.740
3	4.332	0.582	0.551	0.514	0.474	0.427	0.376	0.317	0.252	0.178	0.095	8.098
4	5.665	0.586	0.554	0.517	0.475	0.429	0.377	0.318	0.252	0.179	0.096	9.447
5	6.998	0.588	0.556	0.518	0.477	0.430	0.378	0.319	0.253	0.179	0.096	10.791
6	8.331	0.590	0.557	0.520	0.478	0.431	0.378	0.319	0.253	0.179	0.096	12.132
7	9.664	0.591	0.558	0.520	0.478	0.431	0.379	0.320	0.253	0.179	0.096	13.471
8	10.997	0.592	0.559	0.521	0.479	0.432	0.379	0.320	0.254	0.179	0.096	14.807
9	12.330	0.593	0.559	0.521	0.479	0.432	0.379	0.320	0.254	0.179	0.096	16.142
10	13.663	0.593	0.559	0.522	0.479	0.432	0.379	0.320	0.254	0.179	0.096	17.476
11	14.455	0.593	0.559	0.521	0.479	0.432	0.379	0.320	0.253	0.179	0.096	18.267
12	14.707	0.593	0.559	0.521	0.479	0.432	0.379	0.319	0.253	0.179	0.096	18.515
13	14.958	0.592	0.558	0.521	0.478	0.431	0.378	0.319	0.253	0.179	0.095	18.762
14	15.210	0.592	0.558	0.520	0.478	0.430	0.378	0.318	0.252	0.178	0.095	19.009
15	15.461	0.591	0.557	0.519	0.477	0.430	0.377	0.318	0.252	0.178	0.095	19.255
16	15.712	0.591	0.557	0.519	0.476	0.429	0.376	0.317	0.251	0.177	0.095	19.501
17	15.964	0.590	0.556	0.518	0.476	0.428	0.375	0.316	0.251	0.177	0.094	19.745
18	16.215	0.589	0.555	0.517	0.475	0.427	0.375	0.316	0.250	0.176	0.094	19.989
19	16.467	0.588	0.554	0.516	0.474	0.427	0.374	0.315	0.249	0.176	0.094	20.233
20	16.718	0.587	0.553	0.515	0.473	0.425	0.373	0.314	0.248	0.175	0.093	20.476
21	17.374	0.586	0.552	0.514	0.472	0.424	0.372	0.313	0.248	0.175	0.093	21.123
22	18.434	0.585	0.551	0.513	0.471	0.423	0.371	0.312	0.247	0.174	0.093	22.174
23	19.495	0.584	0.550	0.512	0.470	0.422	0.370	0.311	0.246	0.173	0.092	23.225
24	20.555	0.583	0.549	0.511	0.468	0.421	0.369	0.310	0.245	0.173	0.092	24.275

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG TIMBUNAN

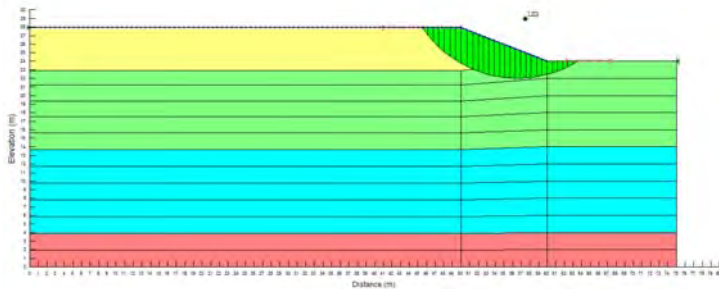
- *Output Geoslope*
 1. Bidang Longsor SF = 1,030



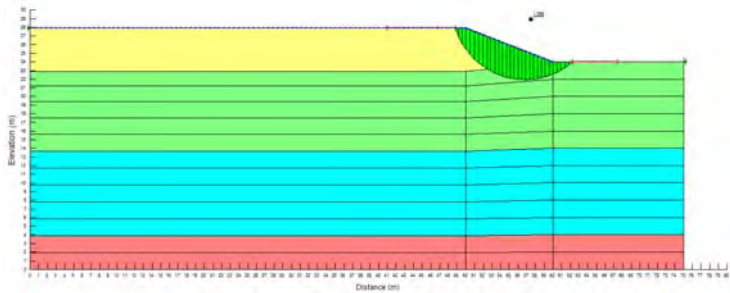
2. Bidang Longsor SF = 1,060



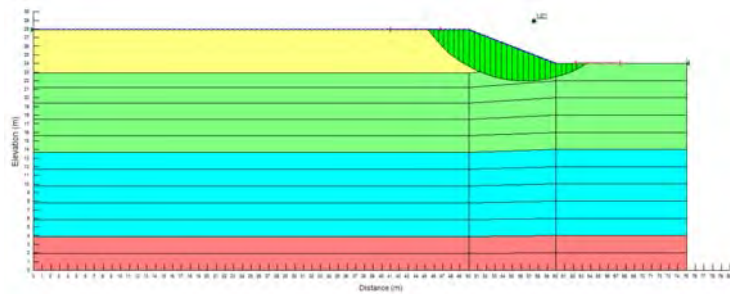
3. Bidang Longsor SF = 1,073



4. Bidang Longsor SF = 1,056



5. Bidang Longsor SF = 1,071



- Perhitungan Perencanaan Perkuatan Lereng Timbunan

Data Timbunan : HI = 5 m

Lebar timbunan = 100 m

Dari Geoslope didapat : MR = 3196,9 kNm

SF = 1,060

MD = 3015,9434 kNm

Direncanakan : SF = 1,2

MD = 3015,9434 kNm

MR = 3619,1321 kNm

$\Delta MR = 422,2320$ kNm

Direncanakan *Geotextile Woven Unggul* Tex UW-250 dengan kekuatan tarik maksimum sebesar 52 kN/m dan jarak pemasangan *Geotextile* 0,25 m.

Faktor keamanan akibat pengurangan kekuatan *Geotextile* :

$$FS_{id} = 1,2$$

$$FS_{cr} = 2,2$$

$$FS_{cd} = 1,2$$

$$FS_{bd} = 1,2$$

Maka $Tallow = 13,678 \text{ kN/m}$

Jumlah lembar *Geotextile* :

No	Y (m)	y (m)	Jumlah Lapis	$\Delta MR \text{ (kNm)}$	$\Delta MR \text{ Kum (kNm)}$
1	24	11.832	1	161.8434	161.8434
2	24.25	11.582	1	158.4238	320.2673
3	24.5	11.332	1	155.0042	475.2715

Karena $475,2715 \text{ kNm} > 422,2320 \text{ kNm}$ maka dibutuhkan 3 lembar *Geotextile* 1 lapis.

Panjang *Geotextile* 1 sisi :

No	H (m)	Z (m)	y (m)	$\tan \theta$	$C_u \text{ (kN/m}^2\text{)}$	$\sigma_v \text{ (kN/m}^2\text{)}$	K_a	$\sigma_h \text{ (kN/m}^2\text{)}$	$\tau_1 \text{ (kN/m}^2\text{)}$	$\tau_2 \text{ (kN/m}^2\text{)}$	$L_e \text{ (m)}$	$L_e \text{ Pakai (m)}$	$L_p \text{ (m)}$	$L_r \text{ (m)}$	$L \text{ total (m)}$
1	5	4	10.832	0.5774	0	70	0.577	40.415	40.415	40.415	0.254	1	1	12.5	15
2	5	3.75	10.582	0.5774	0	65.625	0.577	37.889	37.889	37.889	0.271	1	1	12.3	15
3	5	3.5	10.332	0.5774	0	61.250	0.577	35.363	35.363	35.363	0.290	1	1	12.1	15

Jadi, panjang *Geotextile* 1 sisi adalah 15 m.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data dan perencanaan perbaikan tanah dasar jalan akses yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan awal *trial embankment* yang dibuat oleh PT Teknindo Geosistem Unggul menggunakan asumsi harga C_h sebesar dua kali harga C_v . Tinggi awal timbunan (*preloading*) direncanakan setinggi 5 m dan prediksi pemampatan tanahnya sebesar 1,4 m, sedangkan prediksi pemampatan tanah berdasarkan evaluasi *final settlement* menggunakan metode ASAKA hanya sebesar 205,7 mm. Hal ini dikarenakan tinggi awal timbunan (*preloading*) yang ditimbun di lapangan belum sesuai rencana.
2. Harga C_h di lapangan yang sesungguhnya pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung adalah 2,1 dari harga C_v .
3. Tinggi awal timbunan (*preloading*) yang dibutuhkan pada perencanaan perbaikan tanah dasar jalan akses setinggi 5 m dan prediksi pemampatan primer tanah yang terjadi sebesar 2,042 m.
4. Untuk mempercepat waktu konsolidasi, direncanakan PVD pola segitiga dengan jarak 0,9 m dan PHD sepanjang 116 m per 128 titik PVD.
5. Karena tanah dasar pada Proyek Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung bercampur dengan tanah organik yang memiliki angka pori besar, tanah akan mengalami pemampatan sekunder yang cukup besar pada 20 tahun yang akan datang, yaitu 0,419 m dan masih memampat sebesar 2,879 cm/tahun. Untuk mengatasinya, perlu dilakukan *overlay* setiap 2 tahun setinggi 5 cm.

6. *Geotextile Woven* yang dibutuhkan untuk perkuatan lereng timbunan sebanyak 3 lembar dengan kekuatan tarik maksimum sebesar 52 kN/m dan jarak pemasangan 0,25 m.

6.2. Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisa data dalam Tugas Akhir ini meliputi :

1. Data laboratorium tanah dasar yang diberikan konsultan seharusnya meliputi harga koefisien konsolidasi arah vertikal, C_v . Harga C_v sangat penting untuk merencanakan PVD dan dapat digunakan untuk membandingkan harga C_h pula.
2. Pentahapan timbunan di lapangan seharusnya selesai tepat pada waktu yang telah direncanakan dan tidak melebihi umur PVD. Hal ini menyebabkan penggunaan PVD sudah tidak efektif lagi dan menghasilkan prediksi pemampatan tanah berdasarkan *Settlement Plate* yang kurang akurat.
3. Beban yang bekerja pada lokasi *trial embankment* seharusnya hanya timbunan. Lokasi *trial embankment* sebaiknya tidak dipakai untuk jalan akses truk pembawa sirtu. Dengan adanya beban tambahan yang cukup berat tersebut, tekanan air pori tanah akan terus meningkat sehingga data *monitoring Pneumatic Piezometer* tidak dapat digunakan untuk menentukan harga C_h . Oleh karena itu, dalam Tugas Akhir ini, hanya data *monitoring Settlement Plate* yang digunakan untuk menentukan harga C_h .

DAFTAR PUSTAKA

Mochtar, Indrasurya B. 2000. **Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan Pada Tanah Bermasalah (*Problematic Soils*)**. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.

Hansbo, S. 1979. *Consolidation of Clay by Band-Shaped Prefabricated Drains*, Ground Engineering, Vol. 12, No. 5, pp. 16-25.

Mochtar, Noor Endah. 2012. **Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah (RC09-1402)**. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.

Das, Braja M. 1988. **Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip) Rekayasa Geoteknis Jilid 1**. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Jakarta: Erlangga.

Kep Men Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. **Desain dan Konstruksi Pita Drain Vertikal Prefabrikasi (PDVP)**. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Alihudien, Arief., dan Indrasurya B. Mochtar. 2009. “**Usulan Perumusan Pemampatan Konsolidasi Sekunder untuk Tanah Lempung**”. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XIII 2009 Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia. Denpasar, Bali, 5-6 Nopember. ISBN: 978-979-96668-7-1.

Kuswanda, Wahyu P. 2005. **Berita Geosistem: Dukungan Material dan Peralatan Pemasangan Vertikal Drain**. Surabaya: PT Teknindo Geosistem Unggul.

Harinaldi. 2005. **Prinsip-Prinsip Statistik untuk Teknik dan Sains**. Jakarta: Erlangga.

Win, Bo Myint., Chu Jian., Low Bak Kong., and Victor Choa. 2003. ***Soil Improvement: Prefabricated Vertical Drain Techniques***. Singapore: Thomson Learning.

Bromwell, L. G., and T. W. Lambe. 1968. ***A Comparison of Laboratory and Field Values of C_v for Boston Blue Clay***. Soil Publication 205 Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.

Holtz, Robert D., and Willam D. Kovacs. 1981. ***An Introduction to Geotechnical Engineering***. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Lowe, J., P. F. Zaccheo., and H. S. Feldman. 1964. ***Consolidation Testing with Back Pressure***, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 90, No. SM5, pp. 69-86; Design of Foundations for Control of Settlement, ASCE, pp. 73-90.

BIODATA PENULIS



Azmi Lisani Wahyu,
Penulis dilahirkan di Surabaya, 3 Juni 1994, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Islam Mutiara Surabaya, SD Muhammadiyah 4 Surabaya, SMP Negeri 12 Surabaya, dan SMA Negeri 15 Surabaya. Pada tahun 2012, penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dan terdaftar dengan NRP 3112 100 114. Di Jurusan Teknik Sipil

penulis mengambil bidang studi geoteknik. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh kampus ITS. Selain itu, penulis juga aktif di Himpunan Mahasiswa Sipil (HMS) ITS dan mengikuti beberapa kegiatan kepanitiaan yang ada selama menjadi mahasiswa. Penulis dapat dihubungi melalui azmilisaniwahyu@gmail.com.